Digitized by Google

Astr. d. 101 ta

BIBLIOTECA
REGIA
MONACENSIS

Digitized by Google

<36603432240010

<36603432240010

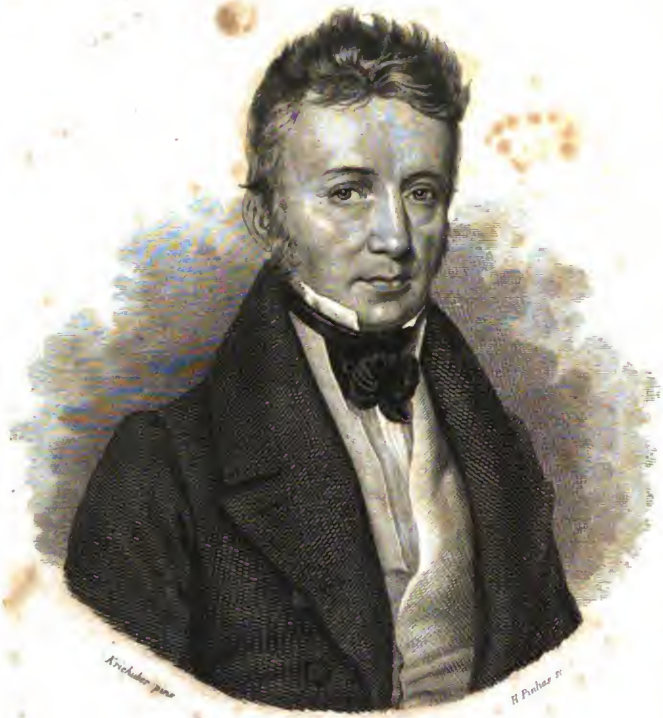
Bayer. Staatsbibliothek

Digitized by Google

Digitized by Google

Asb. U. 101 la

Digitized by Google



J. J. Littrow

Digitized by Google

Die

Wunder des Himmels

oder

gemeinfaßliche Darstellung

des

Weltsystems.

Von

J. J. von Littrow,

Direktor der k. k. Sternwarte in Wien.

Zweite verbesserte Auflage in Einem Bande.

Mit dem Portrait des Verfassers und 117 Figuren.

Mit Königlich Würtembergischem Privilegium.

Stuttgart.

Hoffmann'sche Verlags-Buchhandlung.

1837.

Digitized by Google

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.
Bayerische
Staatsbibliothek
München

Digitized by Google

Sr. Excellenz,

dem hochgebornen Herrn Herrn

Anton Friedrich Grafen Mittrowsky von Mittrowitz und Nemischl,

Herrn der Herrschaften Morawetz und Wiesenberg, der Burg Mittrow in Mähren und der Güter Hrabin und Smolkau in Schlesien; Großkreuz und Kanzler des öst. kais. Leopold-Ordens, k. k. wirkl. geheimen Rath und Kämmerer, obersten Kanzler der k. k. vereinigten Hofkanzlei, Präsidenten der k. k. Studien-Hofcommission, Mitglied der k. k. Landwirthschafts-Gesellschaft in Wien, der Gesellschaft der Wissenschaften in Prag, der mährisch-schlesischen Gesellschaft zur Beförderung des Ackerbaues, der Natur- und Landeskunde, der k. böhm. ökon. patriotischen Gesellschaft, Ehrenmitglied der k. k. Landwirthschafts-Gesellschaft in Krain, der Gesellschaft für vaterländische Kultur in Breslau ꝛc. ꝛc.

Digitized by Google

Digitized by Google

Hochgeborner Herr Graf,

Eure Excellenz.

Schon lange war es mein innigſter Wunſch, Eurer Excellenz eine meiner größeren Schriften widmen, und dadurch, wenigſtens einigermaßen, die Gefühle öffentlich ausdrücken zu können, die ich bisher in meinem Innern bewahrte. Nur die Beſorgniß, nicht das Beſte, das meine Kräfte hervorzubringen vermögen, gewählt zu haben, konnte mich von der Ausführung zurückhalten.

Ueber das gegenwärtige Werk hat bereits das Publikum entſchieden, da die erſte, ſehr zahlreiche Auflage deſſelben ſchon in dem Laufe eines Jahres gänzlich vergriffen war, obſchon es ohne fremde Hülfe erſchienen, und, wie ſein Verfaſſer, in der Welt ſein Glück ſelbſt ſuchen mußte.

Digitized by Google

Mit ganz anderem Vertrauen sende ich es nun zum zweitenmale aus, wo es, unter höherm Schutz erscheinend, seine schönste Zierde nicht mehr entbehren darf, und wo es mir zugleich gegönnt ist, dem obersten Leiter aller wissenschaftlichen Anstalten im Vaterlande, dieses Denkmal als ein Zeichen meines Dankes und meiner tiefsten Verehrung zu setzen.

Wien, den 13. Juni 1836.

Der Verfasser.

Digitized by Google

Vorrede zur ersten Auflage.

Da der Versuche, die vorzüglichsten Lehren der Astronomie gemeinfaßlich darzustellen, selbst in den letzten Jahren mehrere, und unter ihnen manche glückliche gemacht worden sind, so schien es mir gewagt, den wiederholten Aufforderungen freundschaftlicher Leser nachzukommen, und jene Versuche noch mit einem neuen zu vermehren. Ich fügte mich endlich ihrem Wunsche, noch eh' ich selbst darüber einig war, auf welche Weise ich ihn am besten erfüllen sollte. Waren doch, wie es sich nur zu bald zeigte, sie selbst noch nicht darüber eins geworden. Die einen zogen eine ganz populäre, und durchaus keine anderen Kenntnisse voraussetzende Darstellung als die geeignetste für einen großen Kreis von Lesern vor. Da aber eine solche mehrere der interessantesten Gegenstände nur an ihrer Oberfläche, und manche gar nicht berühren durfte, so glaubten die anderen, einen tiefer eindringenden, und mehr für bereits vorgebildete Leser geeigneten Vortrag vorziehen zu müssen. Dadurch würde aber das Ganze dem bei weitem größten Theile der Leser weniger zugänglich geworden seyn, und zwar eben jenem Theile, für welchen Schriften dieser Art vorzüglich bestimmt zu werden pflegen. Zwischen jenen beiden Parteien erhob sich eine dritte, die den jetzt zu einer

Digitized by Google

Art von Mode gewordenen Wahlspruch des juste milieu auch hier geltend machen wollte, in der Erwartung, dadurch jene beiden Klassen von Lesern am besten zu befriedigen.

Wir wurden bald einig, der letzten Art der Darstellung den Vorzug vor den übrigen einzuräumen, aber wir waren und sind es noch nicht über die Mittel, diesen schönen, jedoch gewiß auch schweren Zweck zu erreichen.

Bei einer näheren Untersuchung wurde nämlich die nicht erfreuliche Entdeckung gemacht, daß beinahe alle die Vorschläge, welche beiden Theilen zugleich genügen sollten, oft noch mehr geeignet waren, es mit beiden zu verderben. Auch fehlte es nicht an Beispielen und verunglückten Versuchen aller Art, die, mich wenigstens, nicht aufmuntern konnten, denselben gefahrvollen Weg zu betreten.

Und doch war er so lockend, dieser Weg, und selbst die Schwierigkeiten, die er darbot, gaben ihm, wenigstens für alle diejenigen noch neue Reize, die nur einigermaßen hoffen durften, sie auch glücklich zu besiegen.

Allein zu diesen Letztern konnte ich nicht gehören, und was Andere anzog, mußte mich nur zurückhalten. Ich habe nun, unter den Malern meines Vaterlandes, lange genug den Pinsel geführt und Farben verbraucht, um wenigstens am Ende zu lernen, was man freilich besser schon gleich anfangs wissen sollte: seine eigenen Kräfte nicht zu überschätzen.

Bei dieser Ansicht, bei dieser Ueberzeugung dürfte ich sagen, glaubte ich am besten zu thun, wenn ich die ganze Unternehmung zurückwiese, und sie besseren Händen überließe.

Indeß, so sehr ich auch darauf bestand, die gefällig drängenden Freunde dachten anders. Aus einigen, vielleicht nicht ganz mißlungenen Versuchen, die ich in jüngeren Jahren, wo man so gern Leichtigkeit für Genie hält, in mehreren kleinen Aufsätzen gewagt hatte, glaubten sie auch jetzt noch, auch für das Größere noch, einen günstigen Erfolg hoffen zu dürfen.

Ich versuchte es also, ihnen einen der Pläne vorzulegen, die

Digitized by Google

ich während unserer früheren Discussionen entworfen hatte, und den ich, wenigstens in Beziehung auf meine Kräfte, als den ausführbarsten betrachtete. Er fand ihren Beifall. Wird er aber auch den der Leser finden? Und wird die Ausführung selbst nicht allzuweit hinter dem Entwurfe zurückbleiben? — Das ist die Frage, die erst am Ende entschieden werden kann, und die ich, um sicher, oder vielmehr, um gar nicht zu gehen, lieber jetzt schon beantwortet wüßte.

Wenn es wahr ist, und wer zweifelt daran, daß die eigentliche Schönheit der Astronomie, die selbst unter denen, die sie nicht kennen, schon zu einer Art von Sprüchwort geworden ist, weder in einem gedankenlosen Anstaunen des Himmels, noch in einer trockenen, chronikenmäßigen Aufzählung seiner Wunder, sondern daß sie in dem Nachdenken über diese Wunder besteht, so kann es wohl auch eben so wenig bezweifelt werden, daß jede Darstellung dieser Wissenschaft auch ihre Richtung gegen dieses Nachdenken nehmen muß, wenn sie anders nicht ihren Zweck verfehlen, und, was ihrer ganz unwürdig wäre, in eine bloße, leere Unterhaltung zur beliebigen Zeitverkürzung für müßige Leute ausarten soll. Die Langeweile zu tödten, gibt es andere Mittel, und ein astronomisches Noth- und Hilfsbuch zu diesem Zwecke schreiben, möchte ich nicht, wenn ich es auch könnte.

Auf der andern Seite aber, welches Recht hat der Verfasser einer Schrift, die er selbst eine „gemeinfaßliche“ zu nennen beliebt, höhere mathematische Vorkenntnisse vorauszusetzen, die der größere Theil der Leser nicht besitzt, oder wohl gar seinen Vortrag mit algebraischen Formeln, wie er glaubt, auszuschmücken, die den Augen der Meisten ein Gräuel sind, und deren bloßer Anblick sie schon mit Entsetzen vor dem ganzen Buche erfüllt?

Beide Klippen zu vermeiden, habe ich einen, so viel ich weiß, noch nicht betretenen Mittelweg eingeschlagen. Die gegenwärtige Schrift nämlich zerfällt in zwei, nicht bloß ihrem Inhalte, sondern auch ihrer Darstellung nach, wesentlich verschiedene Theile, denen leicht, wenn jene nicht mißfallen, ein dritter folgen dürfte, der die

Digitized by Google

vorzüglichsten und interessantesten Momente der Geschichte der Astronomie enthalten soll. Der erste ist nämlich, ohne sich von dem beiden gemeinschaftlichen Hauptzwecke der Gemeinfaßlichkeit zu entfernen, vorzugsweise mehr didactischer Art, und der andere, auf den jener gleichsam vorbereiten soll, ist, wenn ich das Wort hier brauchen darf, auf Unterhaltung berechnet, auf Unterhaltung höherer Art meine ich, an der nur die eigentlich Unterhaltsamen, aber diese, wie ich wünsche und hoffe, gern und willig Theil nehmen werden. Sie werden, ich glaube es mit einiger Zuversicht auf den Stoff, wenn auch nicht auf die Behandlung desselben, sagen zu können, für die kleine Mühe, welche ihnen der erste Theil verursachen könnte, durch den zweiten reichlich entschädigt werden. Diesen Zweck noch mehr zu erreichen, und selbst den ersten Theil dem größtmöglichen Kreise von Lesern zugängig zu machen, habe ich ihm eine Einleitung vorausgeschickt, in welcher ich mich nicht nur über diese Anordnung des ganzen Werkes umständlicher äußerte, sondern in welcher ich zugleich das Vorzüglichste über die ersten und nothwendigsten Vorkenntnisse und die eigentliche Kunstsprache der Astronomie kurz zusammen zu stellen strebte. Ich suchte dadurch die Uebersicht des Ganzen zu erleichtern, Deutlichkeit und allgemeine Verständlichkeit zu befördern, und endlich in dem Werke selbst Wiederholungen und Circumlocutionen aller Art, zu welchen ich außerdem gezwungen gewesen wäre, zu vermeiden; und ich ersuche daher jene Leser, die alle Vorreden zu überschlagen pflegen, wenigstens diese Einleitung näher anzusehen. Daß es mich freuen würde, ihnen recht viele angenehme, und zugleich nützliche Stunden verschafft zu haben, darf ich sie gewiß nicht erst versichern.

Wien, den 19. März 1834.

Der Verfasser.

Digitized by Google

Inhalts-Uebersicht.

Einleitung . . . . . 1—24.

Erste Haupt-Abtheilung.

Theorische Astronomie oder allgemeine Erscheinungen des Himmels . . . . . 25—248.

Kap. I. Gestalt der Erde . . . . . 25—32.
„ II. Tägliche Bewegung der Erde . . . . . 33—58.
„ III. Jährliche Bewegung der Sonne . . . . . 58—80.
„ IV. Jährliche Bewegung der Erde . . . . . 80—87.
„ V. Parallaxen und Entfernungen der Gestirne von der Erde 87—106.
„ VI. Aberration der Fixsterne . . . . . 106—120.
„ VII. Jahreszeiten . . . . . 120—131.
„ VIII. Planetensysteme . . . . . 131—161.
„ IX. Kepler's Gesetze . . . . . 161—189.
„ X. Nächste Folgen der elliptischen Bewegung der Planeten 189—203.
„ XI. Der Mond der Erde und die Satelliten der übrigen Planeten . . . . . 204—222.
„ XII. Refraction, Präcession und Nutation . . . . . 222—238.
„ XIII. Gebrauch des Himmels- und Erd-Globus . . . . 238—248.

Zweite Haupt-Abtheilung.

Beschreibende Astronomie oder Topographie des Himmels . . . . . 251—510.

Kap. I. Die Sonne . . . . . 251—283.
„ II. Merkur . . . . . 283—294.
„ III. Venus . . . . . 294—322.
„ IV. Mars . . . . . 322—326.
„ V. Die vier neuen Planeten . . . . . 326—330.
„ VI. Jupiter . . . . . 330—339.
„ VII. Saturn und sein Ring . . . . . 339—351.
„ VIII. Uranus . . . . . 351—363.
„ IX. Der Mond . . . . . 363—388.

Digitized by Google

Kap. X. Die Monde der drei äußerſten Planeten . . . . 388—402.
„ XI. Kometen . . . . . 402—447.
„ XII. Anzahl, Entfernung und Größe der Fixſterne . . 447—458.
„ XIII. Doppelſterne . . . . . 459—481.
Veränderliche Sterne . . . . . 481—486.
„ XIV. Sterngruppen und Nebelmaſſen des Himmels . . 486—510.

Dritte Haupt-Abtheilung.

Erſter Abſchnitt.

Phyſiſche Aſtronomie oder Geſetze der himmliſchen Bewegungen . . . . . 513—648.
Kap. I. Eigenſchaften der Körper . . . . . 513—528.
„ II. Allgemeine Schwere . . . . . 529—550.
„ III. Maſſen und Dichtigkeiten der Himmelskörper . . 550—565.
„ IV. Elliptiſche Bewegung der Himmelskörper . . . . 565—575.
„ V. Störungen der Planeten überhaupt . . . . . 575—582.
„ VI. Periodiſche Störungen . . . . . 582—591.
„ VII. Säculäre Störungen . . . . . 591—601.
„ VIII. Geſtalt und Atmoſphären der Planeten . . . . . 601—606.
„ IX. Ebbe und Fluth des Meeres und der Atmoſphäre der Erde . . . . . 606—612.
„ X. Andere merkwürdige Folgen der Störungen der Planeten 612—629.
„ XI. Urſprung des Weltſyſtems . . . . . 629—640.
„ XII. Dauer des Weltſyſtems . . . . . 640—648.

Zweiter Abſchnitt.

Beobachtende Aſtronomie oder Beſchreibung und Gebrauch der aſtronomiſchen Inſtrumente . . . . . 649—790.

Anhang. Verzeichniß der vorzüglichſten aſtronomiſchen Kunſtwörter mit ihren Erklärungen . . . . . 791—804.
Alphabetiſches Inhaltsverzeichniſs . . . . . 805—814.

Digitized by Google

Erſter Theil:

Theoriſche Aſtronomie.

Digitized by Google

Digitized by Google

Einleitung.

Unter allen Wissenschaften, die der menschliche Geist seit den ältesten Zeiten, zu seiner eigenen Vervollkommnung, auszubilden suchte, ist wohl die Astronomie diejenige, welche die längste Kette von großen und wichtigen Entdeckungen darbietet. Es ist ohne Zweifel sehr weit von dem ersten, gedankenlosen Anschauen des Himmels bis zu jenem Blicke, mit welchem wir jetzt alle die mannigfaltigen Gegenstände desselben umfassen; mit welchem wir nicht nur die Erscheinungen längst vergangener Jahrhunderte, sondern auch diejenigen, welche die Folgezeit erst unseren späten Enkeln entwickeln wird, mit einer Sicherheit bestimmen können, deren sich wohl nur wenige unserer sogenannten menschlichen Wahrheiten zu erfreuen haben mögen.

Es kann für jeden, dem die Ehre seines eigenen Geschlechtes theuer ist, nicht anders als höchst interessant seyn, zu erfahren, auf welchem Wege man zu diesen Kenntnissen gelangt ist. Die Bemühungen so vieler vorhergegangenen Jahrhunderte, und die Vereinigung der vorzüglichsten Männer aller gebildeten Nationen wurde erfordert, um die Astronomie auf diejenige Stufe ihrer Vollendung zu erheben, auf welcher sie jetzt den Gegenstand unserer Bewunderung, und, wie man sagt, den Stolz des menschlichen Geistes bildet.

Wie man sagt, und wie man vielleicht nicht sagen sollte. Denn so hoch auch das Ziel stehen mag, welches er zu erreichen strebte, und auch in der That, großentheils wenigstens, erreicht hat — der Weg, welcher ihn dazu führte, auch die Art, wie er ihn zurücklegte, scheint mehr geeignet, uns mit bescheidener Demuth, als mit Stolz, zu erfüllen, und uns, indem wir das Wenige, was uns nach so vieler Mühe von den großen Werken der Natur zu wissen gegönnt ist, dankbar hinnehmen, durch diesen unseren sogenannten Reichthum selbst an unsere Armuth und an das Gefühl der Ohnmacht zu erinnern, welches der gewöhnliche Begleiter des Menschen auf seiner Bahn zur Wahrheit ist. Wir werden sehen, daß der menschliche Geist in dieser Wissenschaft in der That weiter, als in allen anderen, vorgedrungen ist, daß aber auch zugleich in keiner anderen das Verhältniß des Bekannten zu dem Unbekannten so

Digitized by Google

klein ist, als in eben dieser, und daß überhaupt die schönsten und wichtigsten Entdeckungen, deren wir uns rühmen, nur durch Zufall und auf Abwegen gemacht wurden, auf welchen man, ganz andere Schätze suchend, und nicht findend, Jahrhunderte lang ohne Rath und Steuer umhergeirrt ist.

Beinahe die vollen vier ersten Jahrtausende unserer sogenannten Weltgeschichte verblieb die Astronomie in ihrer früheren, hilflosen Kindheit. Erst zwei Jahrhunderte vor dem Anfange der christlichen Zeitrechnung unternahm sie, in der Alexandrinischen Schule, unter dem Schutze der die Wissenschaften liebenden Ptolemäer, die ersten furchtsamen Schritte. Aber die darauf folgende Uebermacht der Römer, welche diese Wissenschaft nie cultivirten, und der gewaltsame Sturz ihres Reiches, der die ganze damals bekannte Welt erschütterte, begrub auch sie unter den Trümmern, die so lange Zeit nach jener Trauerepoche Kunst und Wissenschaft und Bildung jeder Art bedeckten. Gleichsam zum Ersatze, oder als eines jener sonderbaren Spiele der Natur, erhob sich, im siebenten Jahrhundert, ein Nomadenvolk der Wüste, ein Volk von Eroberern, die Araber, berühmt durch das kurze, aber weithin schimmernde Glück ihrer Waffen, und nicht minder groß durch den Schutz, dessen sich unter ihrer Aegide die Wissenschaften, und vorzüglich die Königin derselben, die Astronomie, erfreute. Aber nur zu bald wieder lagerte sich, mit dem Untergange dieses Heldenvolkes, eine tiefe Nacht der Barbarei über den Erdball. Unwissenheit und Aberglaube wurden das Losungswort der verwilderten Nationen. Allgemeine Entartung der Sitten, abenteuerliche und unmenschliche Kriege, und ihr gewöhnliches Gefolge, stumpfe Ermattung, Mangel und Noth und verheerende Seuchen, füllen die Blätter der nächstfolgenden Jahrhunderte unserer Menschengeschichte.

Endlich, fünfzehn hundert Jahre nach dem Anfange unserer Zeitrechnung, schien der Genius des so lange verlassenen Geschlechtes wieder aus seinem tiefen Schlafe zu erwachen. Ueber das in Blut getränkte, und mit den Ruinen der Barbarei bedeckte Europa schwang er zum zweitenmale seine Fackel, nachdem er sie in Asien und Afrika, wie es scheint für immer, gelöscht hatte, und beleuchtete mit ihren wohlthätigen Strahlen neue, der Cultur ganz ungewohnte, der bisherigen Menschengeschichte ganz unbekannte Gegenden. Von ihrem Lichte geleitet entdeckte Columbus die neue Welt, und Copernicus das neue Planetensystem. Mit beiden war die Epoche eines anderen und besseren geselligen und geistigen Lebens angebrochen. Schon war, aus dem Schooße Deutschlands, die wichtigste aller Erfindungen hervorgegangen, die uns die Erhaltung aller übrigen sichern, und jeden Rückfall in die frühere Barbarei unmöglich machen wird, während in Italien, unter den Mediceern, die Schriften der Griechen und Römer wieder aus ihren Gräbern stiegen, und die schönen Künste, von dem belebenden Geiste der Alten angehaucht, in einer fröhlichen Blüthe standen.

Drei Jahrhunderte sind seitdem verflossen, glänzende, ruhmvolle Jahrhunderte für das Menschengeschlecht, und noch beben die Saiten, noch vernimmt das geistige Ohr die Schwingungen der, in jener Epoche der Wiedergeburt angeregten, himmlischen Töne. Noch sind wir, so wünschen, so hoffen wir, im Fortschreiten begriffen, und zu breit, zu tief fließt der Strom der Erkenntniß vor unsern Blicken, als daß eine Dämmung desselben, durch Wiederkehr der alten feindlichen Mächte, in unseren Tagen wenigstens, befürchtet werden könnte.

Digitized by Google

Zwei Dinge sind es, sagt der unsterbliche Mann, der Deutschland zur philosophischen Schule Europas gemacht hat, zwei Dinge sind es, die vor allen andern würdig erscheinen, die Aufmerksamkeit des menschlichen Geistes zu fesseln, und die ihn mit immer neuer Bewunderung erfüllen: das moralische Gesetz in uns, und der gestirnte Himmel über uns.

Jenes erste trägt jeder Mensch in seinem eigenen Busen, und es liegt ihm nahe genug, um hier keiner weiteren Erläuterung zu bedürfen. Das zweite aber — was ist es, das uns an ihm ergötzt, und das, auch noch so oft betrachtet, uns immer wieder zu ihm zurückzieht? Worin besteht eigentlich der so oft gerühmte, große Genuß, den der Anblick des gestirnten Himmels jedem gebildeten und gefühlvollen Menschen gewährt?

Der bloße Anblick desselben allein kann es nicht seyn, so wenig als der Anblick einer großen, zur Nachtzeit von unzähligen Lampen beleuchteten Stadt, so wenig, als der eines endlosen Fackelzuges oder als jener des unermeßlichen Meeres. Die Einförmigkeit aller dieser Dinge, so groß sie auch an sich seyn mögen, wird uns bald ermüden, und auch das über uns ausgespannte Gewölbe des Himmels mit seinen Tausenden von Sternen würde uns nicht länger fesseln, als etwa das eines mit eben so vielen Lampen besetzten Doms, den wir das erstemal anstaunen, und an dem wir später vielleicht gleichgültig und gedankenlos vorübergehen.

Sollte es nicht eben diese Gedankenlosigkeit seyn, die den Anblick des gestirnten Himmels, der sich für den Gebildeten bei jeder folgenden Betrachtung mit immer neuen Reizen schmückt, für den Wilden nur zu einer höchst gleichgültigen Sache macht? — Wie viele derselben gibt es, und nicht bloß in den Wäldern von Amerika und Neuholland, sondern auch in den Hauptstädten Europas, die die Sonne und den Mond und dieses zahllose Heer von Sternen täglich vor sich auf- und untergehen sehen, ohne sich auch ein einziges Mal zu fragen, woher sie kommen und wohin sie gehen, und warum sie ewig in denselben Kreisen um die Erde ziehen.

Das Nachdenken über diese Gegenstände, und die nähere Betrachtung derselben mit unserem geistigen Auge, dieses muß es also seyn, das uns so mächtig an sie zieht, und das, weit entfernt, uns durch die Einförmigkeit des Anblicks zu ermüden, uns vielmehr immer neue, und immer größere Schönheiten dieser Gegenstände entdecken läßt.

Wir werden bald sehen, welche Gelegenheiten zu diesem Nachdenken uns die Astronomie, beinahe auf allen ihren Blättern, darbietet. Sie soll uns, nach dem Ausspruche jenes alten Weisen, lehren, „wie die Himmel die Ehre Dessen erzählen, der sie gemacht hat.“ — Welche schönere Genüsse, welche erhabenere Betrachtungen könnte selbst ein Seraph zu den seinigen wählen! Wenn es uns auch nicht vergönnt ist, mit dem Blicke dieser höheren Geister bis in das Innere des Heiligthums der Natur, bis dorthin zu dringen,

Où les confidens du Très-Haut, ces substances éternelles
Parent de ses feux et couvrent de ses ailes
Le trône, où leur Maître est assis parmi eux,

so wollen wir doch, so viel an uns ist, diesem hohen Ziele näher zu kommen, und unsern eigenen Geist durch die uns mögliche Erkenntniß jener Gegenstände zu erheben und immer mehr zu veredeln suchen.

Ehe wir uns aber zu diesem Geschäfte anschicken, wird es nöthig seyn, uns zuerst von den Vorurtheilen zu befreien, die uns von unserer

Digitized by Google

ersten Jugend an umgeben, und welche uns die reine Ansicht der großen Werke der Natur so gut als ganz unmöglich machen. Und auch dazu wird uns diese Wissenschaft selbst die beste Gelegenheit geben. Denn beinahe alle ihre Lehren stehen im geraden Widerspruche mit den Meinungen der großen Menge, ja selbst mit den unmittelbaren Eindrücken unserer Sinne. So scheint uns die Erde, auf der wir stehen, so fest und wohlgegründet, daß sie in beinahe allen unsern Sprachen zum Symbole der Stetigkeit geworden ist, während sie doch mit allem, was in und auf ihr ist, selbst mit dem sie umgebenden Luftmeere, täglich, wie ein Kreisel, um ihre eigene Axe, und jährlich von einer unsichtbaren Hand um die Sonne mit einer Geschwindigkeit geführt wird, die jene sehr weit übertrifft, welche wir den Körpern der Erde durch die Kraft des Pulvers oder der Dämpfe geben können. Der Mond und die Sonne erscheinen uns als kreisrunde Scheiben von nur mäßiger Größe und Entfernung; da doch jener über fünfzig Tausend, und diese über zwanzig Millionen deutsche Meilen von uns absteht, und überdieß diese unsere Erde selbst über anderthalb Millionenmal an körperlicher Größe übertrifft. Jene Planeten, oft kaum bemerkbare Punkte des Himmels, sind Erden, ähnlich der unseren, von Tausenden von Geschöpfen bewohnt, und jene Sterne, schwache Lichtfunken, die, ihrer zahllosen Menge ungeachtet, kaum unsere Nächte spärlich erleuchten, sind eben so viele Sonnen-, Licht- und Lebens-Quellen für Myriaden von Planeten, die sich alle, Einem großen Gesetze gehorchend, seit undenklichen Zeiten in nie gestörter Ordnung um jene Centralkörper bewegen. Ja diese unsere Erde selbst, unser Wohnort, unsere Wiege und unser Grab, diese ganze große Erde ist nur ein Punkt, den man vielleicht von den nächsten Hauptgliedern der Sonnen-Familie, von den übrigen Schwesterplaneten, nicht einmal bemerkt. So klein, so ganz verschwindend erscheint uns, von jenem höheren Standpunkte betrachtet, selbst das, was wir bisher das Größte nannten. Diese Erde ist nichts gegen das Sonnensystem, dieses Sonnensystem ist nichts gegen den Weltraum, den zahllose ähnliche Systeme erfüllen, und dieser Raum selbst, was ist er gegen Den, der ihn zum Schauplatze seiner unendlichen Größe gemacht hat!

Uebrigens ist die Aufgabe, die Wunder dieser Schöpfung nicht bloß anzustaunen, sondern in ihrer Wechselwirkung und in ihrem inneren Zusammenhange zu erkennen, keine leichte, und die Lösung derselben, so weit sie uns bisher gelungen ist, war wohl der Bemühungen so vieler Jahrhunderte und der Vereinigung der vorzüglichsten Männer aller Völker in hohem Grade werth. Die Erscheinungen, welche uns der gestirnte Himmel darbietet, sind so mannigfaltig und so sonderbar in einander verschlungen, daß nur der vereinigte Scharfsinn der Besten einer jeden Zeit und eines jeden Volkes im Stande seyn konnte, diese Verwickelungen zu lösen, und in der scheinbaren Unordnung selbst jene Einheit und Harmonie zu finden, welche noch immer die Werke der Natur, wo wir sie näher kennen lernten, ausgezeichnet haben. Es war ohne Zweifel mit ganz besonderen Schwierigkeiten verbunden, in diesem Gewirre von Complicationen die Hauptursache derselben, die Bewegung der Erde, von der wir alle jene Phänomene zu betrachten gezwungen sind, zu erkennen, und dadurch die bloß scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper von den wahren zu trennen; dann von der Kenntniß dieser wahren Bewegungen zu den Gesetzen überzugehen, nach welchen die Planeten in ihren elliptischen Bahnen um die Sonne laufen, und endlich, von diesen Gesetzen, sich bis zu dem Prinzip der allgemeinen Gravitation zu erheben, zu jenem Grundgesetze des Himmels, durch welches alle jene so mannig-

Digitized by Google

faltig verwickelten Erscheinungen auf die einfachste und vollständigste Weise dargestellt werden.

Um von den Schwierigkeiten, mit welchen die Auflösung dieser Aufgabe verbunden ist, den Lesern schon hier einen Begriff zu geben, wollen wir bemerken, daß das Hauptgeschäft der Astronomie darin besteht, die uns zunächst umgebende Welt oder die Körper unseres Sonnensystems näher kennen zu lernen. Denn was jenseits dieses Systems liegt, ist so weit von uns entfernt, daß uns eine genauere Kenntniß desselben wohl immer versagt seyn wird. Und wie weit sind sie in ihrer Kenntniß jener nächsten Körper gekommen? — Sie können von den meisten derselben den Ort, welchen sie zu einer bestimmten Zeit am Himmel einnehmen werden, auf mehrere Jahrhunderte vor- und rückwärts bis auf den Durchmesser eines gewöhnlichen Menschenhaares mit Genauigkeit angeben. Sie sind im Stande, ihr Fernrohr heute auf ihrer Sternwarte so zu stellen, daß sie mit mathematischer Sicherheit erwarten können, Jupiter oder irgend ein anderer Planet werde, nach dem Verlaufe mehrerer Jahrhunderte, zu einer bestimmten Secunde, in der Mitte dieses unverrückt gebliebenen Fernrohrs erscheinen. — Wem dieß unglaublich scheint, der mag nur bedenken, daß dieselben Astronomen auch die Sonnenfinsternisse, d. h. die Augenblicke, wo sich die Ränder der Sonne und des Mondes eben in dem ersten Punkte berühren, bereits auf Jahrhunderte voraus berechnet haben, und daß die Resultate dieser Berechnungen mit den darauf folgenden Beobachtungen auf das Genaueste übereinstimmen. Welche Kenntnisse und Vorarbeiten der verschiedensten Art mögen aber erfordert werden, um dieses Ziel zu erreichen?

Wir werden in der Folge sehen, daß jeder Körper der Natur alle anderen im Verhältnisse seiner Masse, und verkehrt wie das Quadrat seiner Entfernung von demselben, anzieht, und daß eben in diesem Gesetze das erwähnte Prinzip der allgemeinen Schwere besteht. Wenn bloß die Kraft der Sonne auf die Planeten wirkte, so würden die letzten in reinen elliptischen Bahnen um die Sonne gehen. Da aber diese Planeten selbst ebenfalls eine, wenn gleich viel geringere Masse, als die Sonne haben, so werden auch diese, nach demselben allgemeinen Princip, nicht nur gegen die Sonne, sondern auch gegen einander gravitiren, oder jeder Planet wird, nicht bloß von der Sonne, sondern auch von allen übrigen Planeten zugleich angezogen werden, und die erwähnte einfache elliptische Bahn eines jeden wird jetzt, durch die gemeinsame Einwirkung aller Planeten unter einander, eine äußerst zusammengesetzte und verwickelte krumme Linie werden, deren genaue Bestimmung wenigstens jetzt, und wahrscheinlich für immer, die menschlichen Kräfte weit übersteigt.

Während z. B. Jupiter durch die bloße Einwirkung der Sonne in einer Ellipse von mehr als 650 Millionen d. Meilen um dieselbe geführt wird, suchen ihn alle andern ihn umgebenden Planeten immerwährend aus dieser seiner Bahn herauszuziehen. Nach den verschiedenen Lagen dieser Planeten zieht ihn der eine näher zur Sonne, während ihn der andere davon entfernt; dieser reißt ihn auf seinem Wege vorwärts, jener zurück; dieser erhebt ihn über, jener stößt ihn unter seine ursprüngliche Bahn, und es ist leicht abzusehen, daß alle diese immerfort wirkenden Störungen, nicht nur den Ort des Planeten in seiner Bahn, sondern am Ende auch diese Bahn selbst verändern, daß sie ihren Einfluß auch auf die Größe, Gestalt und Lage dieser Bahn haben werden, und daß daher der Planet, allen diesen, ihn und einander selbst immer störenden Kräften Preis gegeben, eigentlich in jedem Augenblicke eine andere, eine ganz neue krumme Linie um die Sonne beschreiben werde.

Digitized by Google

Diese Verwirrung wird noch größer, wenn wir bedenken, daß alle astronomischen Bestimmungen der Orte, welche die Planeten am Himmel einnehmen, sich auf die Ebene der Bahn, welche die Erde um die Sonne beschreibt, oder auf die Ebene der Ecliptik beziehen, und daß diese letzte Ebene selbst wieder, durch ähnliche Wirkungen aller übrigen Planeten auf die Erde, in ihrer Lage auf gar mannigfaltige Weise verändert wird. Durch Jupiters Einwirkung z. B. wird die Ebene der Erdbahn verrückt, und dieß hat die nothwendige Folge, daß auch die Neigungen der übrigen Planetenbahnen und ihrer Durchschnittslinien mit der Ecliptik sich ändern, selbst wenn jene Planetenbahnen an sich unveränderlich wären, was sie doch nicht sind, da auch sie wieder denselben Wirkungen aller andern Planeten ausgesetzt seyn müssen. Eine ähnliche Wirkung, wie die des Jupiter auf die Erdbahn, werden auch alle übrigen Planeten äußern, ja selbst diese Wirkungen eines und desselben Planeten werden wieder, mit der Folge der Zeiten, sich ändern müssen, wenn durch die vorhergehenden Einwirkungen aller Planeten die Erdbahn eine ganz andere Lage am Himmel erhalten haben wird. — Wie ferner die Umdrehung der Erde um ihre Axe die tägliche, wenn gleich nur scheinbare Umwälzung des ganzen Sternenhimmels zur Folge hat, eben so wird auch die geringste Verrückung in der Lage dieser Erdaxe (und wir werden mehrere derselben kennen lernen) die ganze Sphäre des Himmels erschüttern, den Anfangspunkt, von dem wir alle Distanzen und Winkel zählen, verrücken, alle Orte am Himmel verändern und aus dem letzten der Gestirne das erste, aus dem ersten das letzte machen, so daß an diesem Himmel, an welchem wir früher nur Ordnung und Harmonie zu bewundern gewohnt waren, alles Unordnung und Verwirrung seyn, und daß, in dem verwickelten Gewühle aller dieser sich selbst durchkreuzenden Bewegungen, sogar die Gränzsteine, durch welche wir früher die große Karte des Sternengewölbes entwerfen wollten, sich verrücken und am Ende auch nicht ein einziger Punkt in Ruhe bleiben wird, durch den wir den seine Gestalt in jedem Augenblicke verändernden Proteus zu fesseln hoffen dürfen. Bedenken wir noch, daß wir alle diese chaotischen Verwirrungen nicht von einem festen Standpunkte, sondern von der Erde beobachten, die sich selbst wieder täglich um ihre eigene Axe und jährlich um die Sonne bewegt, und die überdieß mit einer dichten Lufthülle, der Ursache von unzähligen optischen Täuschungen, umgeben ist, durch welche wir kein einziges jener Gestirne an dem Orte erblicken, den es in der That am Himmel einnimmt.

Und doch enthält dieß alles nur einen kleinen Theil der Hindernisse, welche bereits die Astronomie besiegt hat, und in der Folge noch zu besiegen hoffen darf. Aber es wird hinreichen, zu zeigen, welcher Aufwand von geistiger Kraft erfordert wurde, jenes erhabene Ziel allerdings nicht zu erreichen, aber doch ihm so nahe zu kommen, als wir in der That gekommen sind. Viel, in der That, ist bereits gethan worden, aber Vieles ist auch noch zu thun,

multum operis restat,

und an unsern Enkeln wird es seyn, den Schatz, den sie von ihren Vorfahren übernommen, zu bewahren und das reiche Erbe durch ihre eigene Kraft zu vermehren. Seit dem Anfange unserer Menschengeschichte sind erst einige Jahrtausende verflossen, das Geschlecht ist noch zu jung und die Erde zu neu, um größere Forderungen an sie zu stellen. Noch ist unser Auge zu schwach und unser Blick zu beschränkt, um einen größeren Theil des unendlichen Ganzen zu übersehen, das vor uns ausgebreitet ist. Wir müssen uns, wie es Kindern, wie es Anfängern ziemt,

Digitized by Google

mit den Elementen, mit dem uns zunächst Liegenden begnügen und den Nachkommen, die unsere Vorarbeiten benützen können, die Erweiterung der Aussicht überlassen. Für uns beschreibt der Mond, dieser treue Gefährte der Erde auf ihrem Wege um die Sonne, nur noch eine einfache, nahe kreisförmige Bahn um unsere Erde. Aber von der Sonne gesehen, legt er in der That eine andere Reihe von Epicykeln, deren Mittelpunkte auf dem Bogen liegen, welchen die Sonne in unserem Milchstraßen-Systeme beschreibt. Und diese Sonne selbst beschreibt wieder eine dritte Reihe von Epicykeln, deren Mittelpunkte auf demjenigen Bogen liegen, welchen der Schwerpunkt dieses Milchstraßen-Systems um den Mittelpunkt des Universums beschreibt. Die Astronomie hat uns bisher nur die erste Gattung jener Epicykeln kennen gelehrt und dazu wurden bereits mehrere Jahrtausende erfordert — welche Zeit wird genügen, um auch jene anderen, höheren Kreise kennen zu lernen?

Dieses Kennenlernen also, um wieder auf unsere frühere Behauptung zurück zu kommen, dieses ist es, nicht das bloße Anstaunen, dieß mit Nachdenken verbundene Betrachtung des Himmels ist das, was demselben die ewige Schönheit und den unvergänglichen Reiz verleiht, mit welchem er den auf Bildung Anspruch machenden Geist des Menschen an sich zu fesseln pflegt. Und dieses muß es daher auch seyn, worauf jede schriftliche oder mündliche Mittheilung über diesen Gegenstand besondere Rücksicht zu nehmen hat.

Aber dazu gehören vor allem diejenigen mathematischen Kenntnisse, auf welche jene astronomischen Betrachtungen gebaut sind und ohne welche sich die meisten derselben nicht einmal, wenigstens nicht mit der Präcision und Ueberzeugung, vortragen lassen, die einen großen Theil ihres innern Werthes constituiren. Wie viele von den schönsten astronomischen Entdeckungen sind der Art, daß sie ohne mathematische Vorkenntnisse nicht einmal gehörig verstanden werden können, und wie viele andere sind so wunderbar und auffallend, so allen Erfahrungen des gewöhnlichen Lebens widersprechend, daß sie von einem wohl organisirten Kopfe unmöglich auf Treu' und Glauben angenommen werden können. Wie soll man z. B. den Astronomen auf ihr bloßes Wort hin glauben, daß die Sonne, die doch jeder von uns mit seinen eigenen Augen täglich als eine Kugel von nur mäßigem Umfange sieht, anderthalb Millionenmale größer als unsere Erde und über zwanzig Millionen Meilen von uns entfernt ist; daß der nächste Fixstern wenigstens zweimalhundert Tausendmale weiter, als diese Sonne, von uns absteht; daß das Licht mit einer Geschwindigkeit begabt ist, mit welcher es, während wir unsere Augenlieder senken und heben, schon die Reise um die Welt zurücklegt, und daß selbst diese unglaubliche Geschwindigkeit noch gegen jene ganz verschwindet, mit welcher die Kraft der Sonne, durch die sie die Planeten um sich treibt, in einem untheilbaren Momente bis an die fernsten Gränzen unseres Planetensystems eilt. Wer hat diese Größe der Sonne, diese Entfernung der Fixsterne, diese Geschwindigkeit des Lichts und die jener magischen Kraft gemessen, und wie war es nur möglich, zu Kenntnissen dieser Art zu gelangen? — Die Geometrie allein kann diese Fragen lösen, und ohne ihre Hilfe werden sie immer ungelöst bleiben.

Man muß es ohne Zweifel beklagen, daß die mathematischen Wissenschaften noch immer keinen wesentlicheren Theil unserer Erziehung und selbst unserer späteren Ausbildung machen. Während wir oft sehr geringfügige, uns und Anderen meistens ganz unnütze Dinge nicht zu wissen, für einen Mangel, ja für eine Schande halten, werden jene Kenntnisse als eine Nebensache oder doch nur als eine für die Schule, nicht

Digitized by Google

aber für das eigentliche Leben bestimmte Sache behandelt, und die Meisten, selbst von denjenigen, welche auf vielseitige Bildung und sogar auf eigentliche Gelehrsamkeit gerechten Anspruch machen, die mit Stolz auf den Vorrath ihrer gesammelten Kenntnisse herabsehen und Unkenntniß jeder Art für ein Gebrechen halten, die Meisten von diesen stehen doch gar nicht an, so oft zufällig die Rede auf die mathematischen Wissenschaften kömmt, ihre völlige Unwissenheit als eine ganz erlaubte Sache, die sich gleichsam von selbst versteht, mit einer Offenheit, mit einer Naivetät zu bekennen, die man für Scherz halten müßte, wenn sie nicht gewöhnlich gleich darauf von Fragen und Aeußerungen begleitet würde, die eine Art von Entsetzen erregen und die Wahrheit jenes Geständnisses nur zu sehr bestätigen.

Abgesehen von der Nothwendigkeit dieser Kenntnisse im wissenschaftlichen und oft selbst im gemeinen Leben; abgesehen, daß ohne sie das schönste und dem Menschen angemessenste Studium, das der Natur im Großen, beinahe unmöglich ist, so sollte schon der wohlthätige Einfluß, welchen die Kultur dieser Wissenschaften in ihrer mittelbaren Rückwirkung auf den menschlichen Geist selbst äußert, uns bestimmen, ihnen in dem Felde unserer öffentlichen Erziehung eine der ersten Stellen anzuweisen. Welche andere Doctrin bietet diese Bestimmtheit der Begriffe, diese strenge Ordnung der Schlüsse, diese Gewißheit ihrer Beweise dar? Aus ihrem Gebiete ist jenes heillose, vage Geschwätz und jenes unselige Mittelding zwischen Wissen und Glauben, das in allen andern sogenannten Wissenschaften gleich einem Unkraut wuchert und keine gute Pflanze aufkommen läßt, völlig verbannt. Durch sie erfährt man erst, was eine Demonstration ist und welche Kraft ihr inwohnt. Durch sie wird der Geist zur Aufnahme aller wahren Erkenntnisse, zur Bekämpfung der Vorurtheile und Irrthümer, zur Entfernung aller Illusionen und halbverstandenen Annahmen und zur Verwerfung aller nicht auf eigene Ueberzeugung gegründeten Autorität, würdig vorbereitet; und wenn überhaupt dem Menschen gegönnt ist, von Wahrheit zu sprechen, so ist es hier und hier allein, wo er sie finden kann. Endlich, und dieß möchte in unseren Tagen nicht zu übersehen seyn, bietet diese Wissenschaft, als die beste Disciplin des menschlichen Geistes, unserer Jugend und durch sie den kommenden Geschlechtern die angemessenste Gelegenheit dar, ihre geistige Kraft zu üben und ihren Sinn für das Höchste, was uns angeht, für Recht und Wahrheit zu wecken und zu stählen, um dem sie von allen Seiten umgebenden Andrange eines kränkelnden und in sich selbst zerfallenen Zeitgeistes zu widerstehen, dessen Fortschritte eine männliche und kraftvolle Anhänglichkeit an das Gute überall zu einem sehr dringenden Bedürfnisse gemacht haben.

Zu diesem Zwecke aber, so wie zu allen den oben erwähnten, ist keineswegs eine vollständige, eine alle ihre Höhen und Tiefen umfassende Kenntniß jener Wissenschaften nothwendig. Diese kann überhaupt nicht Jedermanns Sache und daher auch kein Gegenstand einer allgemeinen Erziehung seyn. Sie mag immerhin, wie bisher, jenen Wenigen überlassen bleiben, die Kraft und Muth genug besitzen, das Innere des erhabenen Tempels zu betreten und vielleicht selbst mit eigener Hand zur Bereicherung oder Ausschmückung desselben beizutragen. — Wir Andern wollen uns begnügen, das Aeußere desselben und, wo es angeht, den Vorhof, oder wenn wir auch ihn selbst nicht sehen können, wenigstens den Grundriß desselben zu betrachten, wie er uns von den Architecten überliefert worden ist.

Aber auch dazu werden noch immer einige jener Vorkenntnisse erfor-

Digitized by Google

rt, wenige in der That und leicht zu erwerbende, die ich aber auch da- desto dringender von meinen Lesern, nicht sowohl zu meinem, als mehr zu ihrem eigenen größten Vortheile in Anspruch nehmen möchte. Wer weder Ton noch Note kennt, der kann selbst, und mit dem kann auch ein Anderer, über Musik nicht sprechen. Und eben so, wer ein Quadrat von einem Rechteck nicht unterscheidet, wer die ersten Eigenschaften eines Dreiecks nicht kennt, wer vor jedem Decimalbruche erschrickt und ein Buch, das eines Sinus oder einer Tangente erwähnt, sogleich mit Abscheu von sich stößt — wie wäre es möglich, mit ihm über Astronomie zu sprechen? Statt dieses Versuches, dessen Erfolg immer unglücklich seyn muß, wäre es gerathener, sich diese Vorkenntnisse aber auf irgend eine Weise vorerst zu verschaffen. Sie sind der Art, daß sie, bei einer zweckmäßigen Anleitung, in wenigen Tagen erworben werden können und daß die meisten unserer Kartenspiele, in welchen es doch so Viele zu einer beneidens- oder vielmehr beweinenswerthen Meisterschaft gebracht haben, viel mehr Zeit und Mühe kosten.

Mit diesen Lesern also, welche es sich gefallen lassen wollen, einige Stunden zur Vorbereitung auf ihre Reise zu verwenden, um wenigstens die ersten Elemente der Sprache, die man in jenen Gegenden spricht, sich eigen zu machen, mit denen glaube ich, wohlgemuth und in der Hoffnung eines glücklichen Erfolgs, unsere Wanderung antreten zu können. Zwar werden wir von dem großen und schönen Lande, das nun vor uns liegt, aus Mangel an tieferen Kenntnissen manche der interessantesten Theile völlig unbesucht lassen müssen; wir werden weder jene steilen Berge, die es begränzen, noch diese tiefen Schluchten, wo die Natur ihre größten Seltenheiten verwahrt, betreten dürfen. Aber wir werden dessenungeachtet noch sehr viele, nicht minder interessante und weit verbreitete Ebenen treffen, die wir nicht nur, ohne Mühe und ohne jene fremde Hilfe, durchwandern, sondern von welchen wir auch jene unzugänglichen Gegenden, zwar nur von ferne, aber dafür auch in ihrem Ganzen überblicken und bewundern können.

Wie wir nämlich, um unser Gleichniß fortzusetzen, in einem fremden Lande nur dann mit Vortheil und Vergnügen zu reisen hoffen dürfen, wenn wir zuerst die Sprache der Eingeborenen desselben wenigstens einigermaßen kennen gelernt haben, eben so willkommen und nützlich werden uns auch hier, wenn auch nur die ersten Elemente der Sprache dieses Landes seyn, welches wir nun zu durchreisen im Begriffe stehen. Haben sich doch alle, selbst die bloß mechanischen Künste, ja sogar die Handwerke, sobald sie einen gewissen Grad der Vollkommenheit erreichten, ihre eigene Sprache gebildet: wie sollte dasselbe nicht auch von der Astronomie, von der ersten aller Wissenschaften, gelten? — Allerdings würden wir sie, während dieser Reise selbst, so oft wir durch die Noth dazu gezwungen werden, auch erlernen können. Aber dieß würde offenbar nicht ohne Beschwerde, nicht ohne vieles Hin- und Wiederreden möglich seyn. Auch ist es nicht unsere Absicht, wie es wohl die mancher unserer Vorgänger gewesen seyn mag, diese Wissenschaft mit unsern Lesern, unter dem angenommenen Scheine einer völligen Unkenntniß derselben, gleichsam von Neuem zu erfinden, oder auch den systematischen Weg, der ihr sonst eigen ist, in unserem Vortrage mit ängstlicher Genauigkeit zu verfolgen. Wir wollen uns vielmehr bemühen, die Leser auf dem einfachsten und kürzesten Wege mit den vorzüglichsten Schätzen der Astronomie, so weit dieses ohne eigentliche mathematische Analysis möglich ist, bekannt zu machen und uns dabei an diejenigen Kenntnisse anzuschließen, die wir bei jedem Gebildeten in unseren Tagen mit Recht

Digitized by Google

voraussetzen dürfen. In der That, daß die Erde, die wir bewohnen, so wie der über sie ausgespannte Himmel die Gestalt einer Kugel habe; daß die Gestirne, welche an diesem Himmelsgewölbe glänzen, in unter sich parallelen Kreisen täglich um die Erde gehen oder doch zu gehen scheinen; daß die tägliche Bewegung der Erde um ihre Axe es ist, welche diesen Schein erzeugt und selbst, daß diese Erde noch eine andere Bewegung hat, mit welcher sie jährlich um die Sonne geht — alle diese und so viele andere ähnliche Wahrheiten sind in unseren Tagen schon Gegenstände des gewöhnlichen Unterrichts in unseren Schulen geworden und daher bereits bis zur Kenntniß des gemeinen Mannes vorgedrungen. Wir können sie daher auch hier, obschon sie später Gelegenheit zu näheren Untersuchungen geben werden, gleichsam als bereits erworbene, historische Kenntnisse voraussetzen und uns eben dadurch in den Stand setzen, sogleich hier die oben erwähnten ersten Elemente der Sprache unserer Wissenschaft so weit vorzutragen, als wir hoffen dürfen, mit ihrer Hülfe, die ihnen in dem Werke selbst folgenden Betrachtungen kürzer, bestimmter und eben dadurch deutlicher darstellen zu können.

Die nun folgende zweite Abtheilung dieser Einleitung ist jenem Zwecke gewidmet. Es wird uns erlaubt seyn, die Leser zu ersuchen, diese ersten Blätter mit einiger Aufmerksamkeit und selbst wiederholt und mit dem Vertrauen zu lesen, daß ihnen eben dadurch der Genuß des Ganzen ungemein erleichtert, ja eigentlich erst möglich gemacht werde. Um übrigens die Bedeutungen der wenigen Kunstausdrücke, die wir hier nebst ihrer Erklärung zusammen stellen, dem Gedächtnisse tiefer einzuprägen und zugleich die Anführung derselben in der Folge zu erleichtern, sind sie, nach Art des mathematischen Vortrags, unter eigene Nummern gebracht worden.

§. 1. (Kreise auf der Oberfläche einer Kugel.) Jede Ebene durch eine Kugel schneidet die Oberfläche der Kugel in einem Kreise. Geht die schneidende Ebene durch den Mittelpunkt der Kugel, so nennt man den durch ihren Schnitt entstehenden Kreis einen *größten Kreis* der Kugel. Wir betrachten hier zuerst nur solche größte Kreise.

Uebrigens wird, wie bekannt, die Peripherie eines jeden Kreises in 360 gleiche Theile, die man *Grade* nennt, getheilt. Jeder Grad hat 60 *Minuten* und jede Minute 60 *Secunden*. Man bezeichnet diese Theile in der angeführten Ordnung durch ° ′ ″, so daß z. B. 45° 13′ 20″ eben so viel heißt, als 45 Grade, 13 Minuten und 20 Secunden.

§. 2. (Himmlische und irdische Kreise.) Wir nehmen den Himmel ANQN′ (Fig. 1), so wie er uns in der That erscheint, als eine hohle Kugelschale an, deren Mittelpunkt C zugleich der Mittelpunkt der ebenfalls kugelförmigen Erde anqn′ ist. Dieß vorausgesetzt, wird also jede Ebene, welche durch den Mittelpunkt C beider Kugeln geht, den Himmel sowohl, als auch die Erde (nach §. 1) in einem größten Kreise schneiden, von welchem man den einen den himmlischen und den andern den ihm entsprechenden irdischen Kreis nennt. Solche zusammen gehörende Kreise-Paare sind:

AWQO = I und aq = 1 oder
HWRO = II und hr = 2 oder endlich
ANQN′ = III und anqn′ = 3.

Wir wollen diese Kreise-Paare der Kürze wegen künftig nur durch diese ihre Zeichen I. 1, II. 2 ꝛc. anzeigen.

§. 3. Derjenige Durchmesser der Kugel, der auf der Ebene eines größten Kreises senkrecht steht, heißt die *Axe* dieses Kreises und die beiden Endpunkte dieses Durchmessers sind die *Pole* jenes Kreises. Die

Digitized by Google

ne eines Kreises geht daher immer durch den Mittelpunkt desselben, und der Pol ist von allen Punkten der Peripherie seines Kreises um 90 rade oder um einen rechten Winkel entfernt.

So sind NN' die Axe und N, N' die Pole des Kreises I, und eben sind ZZ' die Axe und Z, Z' die Pole des Kreises II und dasselbe gt auch von den Punkten n, n' und z, z' in Beziehung auf die ana- gen irdischen Kreise 1 und 2.

§. 4. (Kreise, die durch die Pole anderer Kreise gehen.) Jeder größte reis, der durch den Pol eines gegebenen größten Kreises geht, geht ch durch den andern Pol des gegebenen Kreises, und die Ebenen beider reise stehen auf einander senkrecht.

So gehen alle durch den Pol N gehende Kreise NQ, NQ', NQ''.. ch durch den Pol N', und alle diese Kreise stehen senkrecht auf I, oder e Winkel der Bogen NQ, NQ', NQ''.. mit dem Bogen QW sind rechte Winkel. Eben so stehen alle durch Z gehende Kreise ZR, ZR', ZR''.. enkrecht auf II und der durch N und durch Z gehende Kreis III steht daher senkrecht auf I sowohl, als auch auf II.

§. 5. (Auf einander senkrecht stehende Kreise.) Stehen eben so umgekehrt zwei Kreise auf einander senkrecht, so liegen die Pole des einen in der Peripherie des anderen. Sind also die Kreise NQ, NQ'.. auf I senkrecht, so liegen die Pole aller dieser Kreise in der Peripherie von I, und sind die Kreise ZR, ZR'.. auf II senkrecht, so liegen alle Pole dieser Kreise irgendwo in der Peripherie von II.

§. 6. (Wie größte Kreise die Kugel und sich selbst theilen.) Jeder größte Kreis theilt die Oberfläche der Kugel in zwei gleich große Theile, in deren Mitte die beiden Pole jenes Kreises liegen. Je zwei größte Kreise der Kugel aber theilen sich selbst, in ihrer Durchschnittslinie, die zugleich ein Durchmesser der Kugel ist, in zwei gleiche Theile und umgekehrt: halbiren sich zwei Kreise auf der Oberfläche der Kugel, so sind sie beide größte Kreise derselben.

§. 7. (Neigung zweier Kreise gegen einander.) Der Winkel zweier größten Kreise, d. h. die Neigung ihrer Ebenen gegen einander ist gleich der Entfernung der beiden Pole dieser Kreise. So ist die Neigung der Kreise I und II gleich der Distanz NZ = N'Z' ihrer Pole.

Dieselbe Neigung der beiden Kreise I und II kann aber auch durch den Bogen QR = AH desjenigen größten Kreises III ausgedrückt werden, der durch die Pole N und Z jener beiden Kreise geht, welcher Bogen daher, nach §. 4, auf den beiden Kreisen I und II senkrecht steht, in dann die Entfernungen der Punkte R und Q, oder A und H von den beiden Durchschnittspunkten O und W der beiden gegebenen Kreise immer gleich 90 Grade sind. Dieselben Neigungen zweier größten Kreise können endlich auch ganz einfach durch die Winkel ausgedrückt werden, welche die Peripherien dieser Kreise in ihren Durchschnittspunkten unter sich bilden. So ist RWQ = AWH die Neigung der beiden Kreise I und II. Eben so wird die Neigung der Kreise NQ' und NQ'' gegen einander durch den Winkel Q' NQ'' oder durch den auf ihnen senkrecht stehenden Bogen Q' Q'' des größten Kreises I ausgedrückt, und die Neigung der Kreise ZR' und ZR'' gegen einander, ist der Winkel R' ZR'' oder auch der Bogen R' R'' des auf ihnen senkrecht stehenden Kreises II.

Alle diese Sätze sind zwar Gegenstände der Geometrie und können, als solche, streng bewiesen werden; sie sind aber auch zugleich der Art, daß sie für Leser von einiger Fassungskraft gleichsam schon für sich klar sind, besonders wenn wir sie mit Hülfe eines Globus (§. 30) betrachten. Wenden wir nun das Gesagte sofort auf diejenigen Kreise an, welche

Digitized by Google

die Astronomen auf der Oberfläche des Himmels und der Erde gezoge haben, um dadurch einzelne Punkte dieser Flächen näher bestimmen z können.

§. 8. (Horizont, Zenith und Nadir.) Wenn wir uns in einer ebe nen Gegend oder auf der hohen See befinden, so erscheint uns die Ober fläche der Erde als eine von einem Kreise begränzte Ebene. Diese Ebene bis an das Himmelsgewölbe erweitert, heißt der *scheinbare Hori zont* des Beobachters, und eine mit ihm parallele, durch den Mittel punkt der Erde gehende Ebene ist der *wahre Horizont* desselben.

Zieht man endlich durch den Punkt der Erdoberfläche, welchen de Beobachter einnimmt, eine gerade, auf seinem Horizont senkrechte Linie so wird diese Linie, da sie senkrecht auf der Oberfläche der Kugel steht durch den Mittelpunkt der Erde gehen und, verlängert, die Oberfläch des Himmels in zwei Punkte schneiden, deren einer, der über dem Be obachter steht, das *Zenith* (der Scheitelpunkt), und der andere unter das *Nadir* (der Fußpunkt) des Beobachters heißt. Die Richtung, welch durch diese Linie ausgedrückt wird, heißt *vertical*, während man di auf diese Linie senkrechte Richtung des Horizonts *horizontal* (wage recht oder wasserrecht) zu nennen pflegt.

I. Da die Richtung eines mit einem Bleilothe beschwerten Faden auf der Oberfläche des stillestehenden Wassers senkrecht steht, so wird de Faden in diesem Zustande jene senkrechte Richtung angeben, so wie durch die Oberfläche des stillstehenden Wassers die horizontale Richtung ange zeigt wird.

II. Denkt man sich den Beobachter auf dem obersten Punkte z de Oberfläche der kugelförmigen Erde, so wird der Durchmesser zCz', ver längert, am Himmel das Zenith Z und das Nadir Z' des Beobachters angeben. Der auf diesem Durchmesser senkrechte größte Kreis hr aber wird, bis an die Himmelssphäre erweitert, den wahren Horizont HWRO des Beobachters, den wir oben durch II bezeichnet haben, angeben, während der mit ihm parallele durch den Punkt z gelegte Kreis den schein baren Horizont des Beobachters bezeichnet.

§. 9. (Sichtbare und unsichtbare Hemisphäre.) Diesem gemäß ist also die Linie ZZ' die Axe, und die Punkte Z und Z' sind die Pole des wahren Horizontes (§. 3). Durch diesen Horizont HWRO wird die Oberfläche des Himmels in zwei gleiche Theile getheilt (§. 6), von welchen der eine, obere, in welchem der Zenith Z liegt, die *sichtbare* und der andere untere die *unsichtbare Hemisphäre* genannt wird, weil in der That nur diejenigen Gestirne, die sich in der oberen Hälfte des Himmels, oder die sich über unserem Horizonte befinden, für uns sichtbar sind, während die andern für uns von der unter uns stehenden Erde bedeckt und daher unsichtbar sind.

§. 10. (Verticalkreise und Höhe der Sterne.) Die größten Kreise ZR, ZR' ZR''.., welche durch das Zenith Z, also auch durch das Nadir Z' gehen und daher auf dem Horizonte senkrecht stehen (§. 4) heißen *Vertical-* oder *Höhenkreise*.

Die Entfernung jedes Punktes des Verticalkreises von dem Horizonte oder der Bogen des Verticalkreises, der zwischen jenem Punkte und dem Horizonte enthalten ist, heißt die *Höhe* jenes Punktes, und eben so nennt man die Entfernung dieses Punktes von dem Zenithe Z die *Zenithdistanz* des Punktes. Höhen und Zenithdistanzen ergänzen also einander immer zu 90 Graden. So sind daher die Bogen RS, R' S' und R'' S'' die Höhen der drei Sterne S, S' und S'', und eben so sind die Bogen ZS, ZS' und ZS'' die Zenithdistanzen derselben.

Digitized by Google

§. 11. (Weltaxe, Weltpole, Aequator.) Wenn man die Sterne des Himmels nur kurze Zeit beobachtet, so bemerkt man bald, daß sie sich alle täglich und zwar so um die Erde bewegen, als ob sich die ganze Himmelssphäre um eine Axe drehte, die durch den Mittelpunkt C der Erde geht. Ist NCN' diese fixe Drehungsaxe des Himmels oder die sogenannte Weltaxe, so nennt man die beiden Endpunkte derselben N und N' die Weltpole und zwar den in unseren Gegenden sichtbaren oder dem Zenithe Z näheren N den Nordpol und den anderen entgegengesetzten N' den Südpol. Ein auf die Weltaxe senkrecht durch den Mittelpunkt der Erde gehender, also größter Kreis schneidet die Oberfläche des Himmels in den himmlischen Aequator AWQO und zugleich die Erde in den irdischen Aequator aq. Diese beiden größten Kreise des Himmels und der Erde sind die, welche wir oben (§. 2) durch I und I bezeichnet haben. Analog mit den beiden Weltpolen N und N' nennt man auch die beiden Punkte, in welchen die Weltaxe die Oberfläche der Erde schneidet, die irdischen Pole und zwar n den Nordpol und n' den Südpol der Erde.

§. 12. (Nördliche und südliche Hemisphäre.) Der Aequator theilt als ein größter Kreis die Erde sowohl, als auch den Himmel in zwei gleiche Theile (§. 6), von welchen der eine, in welchem der Nordpol N liegt, die nördliche, und der andere die südliche Hemisphäre heißt.

§. 13. (Declination und Declinationskreis.) Die größten Kreise NQ, NQ', NQ''.. welche durch den Nordpol N, also auch durch den Südpol N' gehen und daher (§. 4) auf dem Aequator senkrecht stehen, heißen Declinations- oder Stunden-Kreise, und der Bogen des Declinationskreises, der zwischen dem Aequator und einem Stern enthalten ist, heißt des Sterns Declination oder Abweichung. So sind die Bogen QS, Q' S' und Q'' S'' die Declinationen der Sterne S, S' und S''. Ist der Stern unter dem Aequator oder in der südlichen Hemisphäre (§. 12), so wird auch seine Declination südlich genannt. Auch nennt man die Entfernungen NS, NS', NS''.. der Gestirne von dem Nordpole N des Aequators die Poldistanzen dieser Sterne. Declinationen und Poldistanzen ergänzen daher einander immer zu 90 Graden, und für Sterne unter dem Aequator sind die Poldistanzen größer als 90 Grade.

§. 14. (Meridian.) Derjenige größte Kreis NZRA des Himmels, der durch den Nordpol N des Aequators und durch das Zenith Z des Beobachters z, also auch durch die Punkte N' und Z' geht und daher (§. 4) sowohl auf dem Aequator, als auch auf dem Horizonte senkrecht steht, heißt der Meridian des Beobachters. Der Meridian ist also derjenige größte Kreis, den wir oben durch III bezeichnet haben, und er schneidet die Oberfläche der Erde in den irdischen Meridian nzra des Beobachters z. Der Meridian ist also zugleich Declinations- und Höhen-Kreis.

§. 15. (Mittagslinie, Nord und Süd.) Meridian und Horizont halbiren sich (§. 6) in ihren beiden Durchschnittspunkten R und H, von welchen der eine R, der von dem Nordpole N weiter entfernt ist, der Südpunkt oder Mittag und der andere H der Nordpunkt oder Mitternacht genannt wird. Der beide Punkte verbindende Durchmesser HCR des Horizonts heißt die Mittagslinie.

§. 16. (Ost und West.) Eben so halbiren sich Aequator und Horizont (§. 6) in zwei Punkten O und W, von welchen der erste O, der dem nach Süd sehenden Beobachter links liegt, Ost oder Morgen, und der andere entgegengesetzte W West oder Abend genannt wird. Durch

Digitized by Google

diese vier Punkte H, O, N, W wird der Horizont in vier gleiche Theile getheilt.

§. 17. (Oestliche und westliche Hemisphäre.) Der Meridian theilt ebenfalls die ganze Oberfläche des Himmels in zwei gleiche Theile (§. 6), von welchen der eine, in welchem der Ostpunkt O liegt, die östliche und der andere die westliche Hemisphäre genannt wird.

§. 18. (Aequatorhöhe und Polhöhe des Beobachters.) Die Neigung des Aequators AWQ gegen den Horizont HWR wird (nach §. 7) durch den zwischen diesen Ebenen enthaltenen Bogen QR = AH des Meridians, oder auch durch die Distanz NZ = N'Z' der Pole jener beiden Ebenen, oder endlich ganz einfach durch den Winkel QWR = QOR ausgedrückt. Man nennt diese Neigung QR = NZ = QWR die Aequatorhöhe des Beobachters z, weil in der That (nach §. 10) der Bogen QR die Höhe des höchsten Punkts Q des Aequators ausdrückt.

I. Da die Summe der Bogen HN und NZ, so wie die Summe RQ und QZ gleich 90 Graden ist, und da RQ gleich NZ ist, so muß auch QZ gleich HN seyn, und man nennt diesen Bogen QZ = HN die Polhöhe des Beobachters z, weil in der That (nach §. 10) der Bogen HN die Höhe des Nordpols N des Aequators über dem Horizonte ausdrückt. Man sieht, daß für jeden Ort der Erde die Polhöhe und Aequatorhöhe einem rechten Winkel gleich ist, oder daß diese beiden Größen einander zu 90 Graden ergänzen.

II. Ganz eben so ist also auch auf der Oberfläche der Erde der Bogen hn gleich dem Bogen qz, weil jeder derselben eben so viele Grade enthält, als die Bogen HN oder QZ. Daraus folgt, daß die Polhöhe HN eines Beobachters z immer gleich ist der Entfernung qz seines Ortes z von dem irdischen Aequator aq.

§. 19. (Stundenwinkel.) Da der Aequator auf allen Stundenkreisen (§. 13) senkrecht steht, so wird man die Abstände derselben von dem Meridian, als von dem ersten Stundenkreise (§. 14), durch die zwischen ihnen liegenden Bogen des Aequators, oder was (nach §. 7) dasselbe ist, durch ihren Neigungswinkel in dem Nordpole N messen. Man nennt diese Abstände der Stundenkreise von dem Meridian Stundenwinkel und zählt sie in der Richtung von O gen W oder von Süd gen West bis 360° oder auch bis 24 Stunden, indem 15° auf eine Stunde genommen werden. So ist QQ' = QNQ' der Stundenwinkel des Sterns S' und QQ'' = QNQ'' der Stundenwinkel des Sterns S'' u. s. f.

Ist dieses Gestirn S' die Sonne, so pflegt man auch den Stundenwinkel QQ' = QNQ' derselben die wahre Sonnenzeit des Beobachters z zu nennen. Wenn die Sonne durch den oberen Theil des Meridians NQ geht, oder wenn sie culminirt, so ist der Stundenwinkel derselben oder die wahre Zeit des Beobachters Null oder der Beobachter hat eben Mittag. Wenn die Sonne durch den unteren, unsichtbaren Theil HZ' des Meridians geht, oder in ihrer unteren Culmination ist, so ist der Stundenwinkel der Sonne oder die wahre Zeit des Beobachters 12 Uhr, oder der Beobachter hat eben Mitternacht. Wir werden später auf diese Zeitrechnung der Astronomen wieder zurückkommen.

§. 20. (Azimut.) Da der Horizont auf allen Höhenkreisen (§. 10) senkrecht steht, so wird man die Abstände derselben von dem Meridiane, als von dem ersten Höhenkreise (§. 14), durch die zwischen ihnen liegenden Bogen des Horizonts, oder was (nach §. 7) dasselbe ist, durch ihre Neigungswinkel in dem Zenithe Z messen. Man nennt diese Abstände der Höhenkreise von dem Meridiane Azimute und zählt auch sie von

Digitized by Google

Süd gen West bis 360°. So ist RR' = RZR' das Azimut des Sterns S' und RR'' = RZR'' das Azimut des Sterns S'' u. s. f.

§. 21. (Ortsbestimmung der Sterne gegen den Horizont und Meridian.) Diese drei Kreise oder Ebenen, die des Horizonts, des Aequators und des Meridians, sind, wie wir sogleich sehen werden, sehr geschickt, die Lage der Gestirne oder den Ort, welchen sie zu jeder Zeit am Himmel einnehmen, zu bestimmen.

Will man nämlich die Lage eines Gestirns gegen den Horizont und Meridian bestimmen, so wird man bloß das Azimut (§. 20) und die Höhe (§. 10) dieses Sterns für eine bestimmte Zeit anzugeben haben. Ist z. B. das Azimut RR'' und die Höhe R'' S'' des Sterns S'' gegeben, so ist dadurch auch sofort der Ort S'' des Gestirns am Himmel bestimmt.

Wählt man aber zu diesem Zwecke den Aequator und den Meridian, so wird man bloß den Stundenwinkel (§. 19) und die Deklination (§. 13) des Sterns für eine bestimmte Zeit anzugeben haben. Ist z. B. der Stundenwinkel QQ'' und die nördliche Deklination Q'' S'' des Sterns S'' gegeben, so ist dadurch auch sofort der Ort S'' des Gestirns am Himmel bestimmt.

§. 22. Rectascension und Declination, Länge und Breite der Sterne.) Allein die zwei vorhergehenden Bestimmungsarten haben den Nachtheil, daß sie dem Gestirne nicht unverändert für alle Zeiten zukommen. In der That ändern diese Gestirne durch die tägliche Bewegung des Himmels um die Axe NN' ihre Lage gegen den Horizont sowohl, als auch gegen den Meridian in jedem Augenblicke, so daß man also, um eine vollständige Bestimmung ihres Ortes zu erhalten, nebst Azimut und Höhe, oder nebst Stundenwinkel und Declination, auch noch die Zeit angeben müßte, für welche jene Bestimmungen statt haben sollen. Ueberdieß ändert sich der Horizont sowohl, als auch der Meridian, sobald der Beobachter z seinen Ort auf der Oberfläche der Erde ändert.

Von diesen Nachtheilen frei ist die Lage der Gestirne, wenn man sie bloß auf den Aequator bezieht, weil dieser, durch die tägliche Bewegung des Himmels, in seiner Lage gegen die Oberfläche des Himmels selbst keine Aenderung erleidet.

I. Zu diesem Zwecke nimmt man irgend einen festen Punkt V des Aequators, den man den Frühlingspunkt nennt, und zählt von ihm in der Richtung VQO oder von Süd gen Ost die Abstände der Stunden- oder Declinations-Kreise (§. 13). Diese Abstände, welche man Rectascensionen oder gerade Aufsteigungen nennt, geben, wenn man sie mit den bereits oben (§. 13) erwähnten Declinationen verbindet, die gesuchte einfache und vollständige Ortsbestimmung des Sterns. Ist z. B. die Rectascension VQ'' und die nördliche Declination Q'' S'' eines Sterns S'' gegeben, so ist dadurch auch der Ort S'' des Sterns am Himmel bestimmt, und diese Bestimmung ist unabhängig von der Zeit, da sie immer dieselbe bleibt, wie sich auch der Himmel um seine Axe NN' drehen und von welchem Punkte der Oberfläche der Erde man auch das Gestirn betrachten mag, wenn nur das letzte seinen Ort selbst am Himmel nicht ändert.

II. Die Astronomen legen durch diesen Punkt V und durch den Mittelpunkt C der Erde unter einem bestimmten Winkel von 23½ Grad gegen den Aequator noch eine andere Ebene, welche daher die Oberfläche des Himmels wieder in einem größten Kreise VL'' L' schneidet, den man die Ekliptik nennt.

Sie gebrauchen ihn auf eine ähnliche Weise, wie den Aequator, zur

Digitized by Google

Bestimmung der Lage der Gestirne. Läßt man nämlich von den Punkten S' und S'' die Bogen S' L' und S'' L'' *senkrecht* auf die Ekliptik herab, wo also die Kreise dieser Bogen durch die beiden Pole der Ekliptik gehen müssen (§. 5), so wird auch der Ort eines jeden Gestirns S' vollständig gegeben seyn, wenn die beiden Bogen VL' und L' S' gegeben sind. Man nennt aber VL' die *Länge* und L' S' die *Breite* des Sterns S'. Eben so ist also auch VL'' die Länge und L'' S'' die Breite des Sterns S''. Ist das Gestirn unter der Ekliptik, so wird die Breite desselben südlich genannt. — Dieser Kreis VL' L'' oder die Ekliptik ist derjenige größte Kreis am Himmel, in welchem wir jährlich die Sonne einhergehen sehen. Der Punkt V, in welchem die Ekliptik den Aequator schneidet und von welchem man, wie gesagt, alle Rectascensionen und alle Längen zählt, heißt der *Frühlingspunkt*, und der ihm am Himmel gegenüberstehende der *Herbstpunkt*, beide zusammen aber bilden die *Aequinoctial-* oder die Nachtgleichenpunkte. Die zwischen den Aequinoctialpunkten in der Mitte liegenden Punkte der Ekliptik sind die *Solstitien* oder *Wendepunkte*, und zwar derjenige, welcher am höchsten über dem Aequator, in der nördlichen Hemisphäre (§. 18) steht, das *Sommer-* und der andere entgegengesetzte unter der Ekliptik das *Winter-Solstitium*. Wir werden später noch oft auf diese Gegenstände zurück kommen.

§. 23. (Geographische Länge und Breite des Beobachters.) Auf eine ähnliche Art wird man auch verfahren, um den Ort des Beobachters z auf der Oberfläche der Erde gegen den irdischen Meridian aq (§. 11) zu bestimmen. Wir haben oben (§. 14) gesehen, daß der irdische Meridian eines jeden Ortes z der Erde derjenige größte Kreis derselben ist, der durch diesen Ort z und durch die beiden Pole n und n' des Erd-Aequators geht.

Man verbinde z. B. die beiden Punkte S' und S'' des Himmels mit dem Mittelpunkte C der Erde durch gerade Linien, welche die Oberfläche der Erde in den Punkten s' und s'' schneiden sollen. Eben so sollen die Ebenen der Stundenkreise NS' Q' N' und NS'' Q'' N' die Oberfläche der Erde in den analogen Kreisen ns'q'n' und ns''q''n' schneiden. Dann werden also die zwei letztgenannten Kreise die irdischen Meridiane derjenigen Orte s' und s'' der Erde vorstellen, von welchen der erste den Stern s' und der zweite den Stern s'' in seinem Zenithe sieht. Solcher irdischen Meridiane gibt es daher so viele, als es Punkte des Aequators gibt. Man nimmt von diesen unzähligen Meridianen willkürlich einen derselben, z. B. den, der durch die bekannte kanarische Insel Ferro geht, als den ersten irdischen Meridian an, und zählt von ihm die Abstände aller übrigen in der Richtung von Süd gen Ost bis 360 Grade. Diese Abstände der übrigen Meridiane von dem gewählten ersten, nennt man die *geographische Länge* dieser Meridiane. Alle Orte der Erde, welche in demselben Meridiane liegen, haben also auch dieselbe geographische Länge. Um daher diese Orte noch weiter von einander zu unterscheiden, gibt man auch den Abstand derselben von dem Aequator an. Dieser Abstand ist aber, nach §. 18. II., immer gleich der *Polhöhe* des Ortes, die man auch die *geographische Breite* des Ortes zu nennen pflegt. Liegt der Ort unter dem Aequator oder in der südlichen Hemisphäre der Erde (§. 12), so heißt die geographische Breite desselben auch südlich.

Die Lage eines Ortes auf der Erde ist also vollkommen bestimmt, wenn die geographische Länge und Breite desselben gegeben ist, und diese Bestimmung ist ganz analog mit der (§. 22), durch welche man die Lage

Digitized by Google

der Gestirne gegen den Aequator, durch Rectascension und Declination derselben, anzugeben pflegt. So hat man z. B.:

	die geogr. Länge von Ferro				die geogr. Breite			
für Paris	20°	0′	0″	. . . . .	48°	50′	14″	Nördl.
— Wien	34	2	30	. . . . .	48	12	35	—
— Peking	134	7	30	. . . . .	39	54	13	—
— Quito	298	54	30	. . . . .	0	13	17	Südl.

§. 24. (Parallelkreise, Tag- und Nachtbogen, Auf- und Untergang der Sterne.) Alle bisher betrachteten Kreise sind größte Kreise der Kugel, oder solche, deren Mittelpunkt zugleich jener der Kugel selbst ist. Allein zuweilen verdienen auch die kleineren Kreise derselben eine nähere Betrachtung.

Wenn sich der Himmel in der That, wie wir bisher vorausgesetzt haben, täglich in der Richtung von Ost nach West um die Weltaxe NN′ dreht, so wird während dieser Drehung jeder Stern einen Kreis beschreiben müssen, dessen Ebene senkrecht auf dieser Axe, und dessen Mittelpunkt auch irgendwo in dieser Axe liegt. Wegen dieser allen gemeinschaftlichen senkrechten Stellung dieser Kreise gegen die Weltaxe werden sie also auch alle unter einander parallel seyn, daher man sie Parallelkreise genannt hat. Die Peripherie dieser Kreise steht in allen ihren Punkten von jedem Punkte der Axe, also auch von jedem der beiden Weltpole N und N′ gleich weit ab. Der größte aller dieser Parallelkreise ist der oben (§. 11) betrachtete Aequator, dessen Mittelpunkt mit dem Mittelpunkte C der Kugel selbst zusammen fällt, während die Mittelpunkte aller übrigen Parallelkreise desto weiter von C entfernt oder desto näher bei den Polen N oder N′ liegen werden, je kleiner diese Kreise selbst sind. Solche Parallelkreise sind also in unserer Zeichnung der Kreis SS′E′E und DD′D″B.

I. Um auch von diesen himmlischen Parallelkreisen die ihnen entsprechenden irdischen Parallelkreise, z. B. um aus DD′D″B den analogen irdischen Parallelkreis dd′d″b zu erhalten, wird man von allen Punkten des ersten Kreises gerade Linien nach dem Mittelpunkte C der Kugel ziehen und dadurch gleichsam die Oberfläche eines Kegels erhalten, dessen Spitze in C und dessen Basis der himmlische Parallelkreis DD′D″B ist. Diese Kegelfläche wird dann die Oberfläche der Erde in dem gesuchten analogen irdischen Parallelkreise dd′d″b schneiden.

Auf der Oberfläche der Erde unterscheidet man vorzüglich zwei dieser Parallelkreise in der nördlichen sowohl, als in der südlichen Hemisphäre. Nämlich die beiden Wendekreise, die von dem Aequator, zu beiden Seiten desselben, um 23½ Grad abstehen und daher durch die beiden Solstitialpunkte (§. 22. II.) der Ekliptik gehen, und die beiden Polarkreise, deren Peripherie von den beiden Weltpolen N und N′ um dieselbe Größe von 23½ Graden absteht und die daher durch die oben (§. 22. II.) erwähnten Pole der Ekliptik gehen.

II. Alle diese kleineren Polarkreise werden von den bisher betrachteten größten Kreisen der Kugel, z. B. von dem Horizonte, nicht mehr in zwei gleiche, sondern oft, wie der Parallelkreis SS′E′E in zwei sehr ungleiche Theile, ja öfter, wie der Parallelkreis DD′D″B, gar nicht mehr geschnitten.

Digitized by Google

Von denjenigen Kreisen, die von dem Horizonte noch geschnitten werden, bezeichnet der Theil ESS''E', der über dem Horizonte des Beobachters z liegt, den sogenannten Tagbogen des Gestirns, d. h. denjenigen Bogen, in welchem der in diesem Parallelkreise sich bewegende Stern, während seiner täglichen Umdrehung um die Erde, dem Beobachter noch sichtbar bleibt, während der übrige Theil E'S''E dieses Parallelkreises den Nachtbogen oder den für den Beobachter unsichtbaren Theil dieses Kreises bezeichnet.

III. Von den beiden Durchschnittspunkten E und E' des Parallelkreises mit dem Horizonte bezeichnet der erste E, in der östlichen Hemisphäre (§. 17), den Punkt des Himmels, wo der Stern dieses Parallelkreises aufgeht, oder wo er sich über den Horizont zu erheben anfängt, während in dem entgegengesetzten Punkte E' der Stern untergeht oder sichtbar zu seyn aufhört.

Für die Sterne im Aequator ist der Tagbogen OQW gleich dem Nachtbogen WAO. Für alle andere Sterne aber ist in der nördlichen Hemisphäre (§. 12) der Tagbogen desto größer, je weiter der Parallelkreis von dem Aequator absteht, oder je größer die Declination (§. 13) des Sterns ist, und dasselbe gilt auch von dem Nachtbogen in der südlichen Hemisphäre.

IV. Ist, wie für den Parallelkreis DD'B der nördlichen Hemisphäre der Bogen QD größer als der Bogen HN, das heißt, ist die nördliche Declination eines Sterns größer als die Polhöhe (§. 18. I.) des Beobachtungsorts, so schneidet der Parallelkreis des Sterns den Horizont nicht mehr, oder der Stern geht, für den Beobachter z, nicht mehr unter und ist daher immer sichtbar.

Ist aber für einen Parallelkreis der südlichen Hemisphäre die Entfernung desselben von dem Aequator größer als der Bogen RQ = AH, das heißt, ist die südliche Declination eines Sterns größer, als die Aequatorhöhe (§. 18) des Beobachtungsorts, so geht der Stern, für diesen Ort der Beobachtung, nicht mehr auf und ist daher immer unsichtbar.

§. 25. (Culmination der Sterne.) Alle Sterne, die für einen Beobachter noch auf- oder untergehen, steigen nach ihrem Aufgange immer höher über den Horizont, bis sie, in dem Augenblicke ihres Durchgangs durch den Meridian SZQR, d. h. in dem Augenblicke ihrer Culmination (vergl. §. 19. I.) ihre größte Höhe erreichen, von welcher sie dann auf dieselbe Weise wieder zu dem Horizonte herabsteigen, so daß, zu beiden Seiten des Meridians, zu gleichen Stundenwinkeln (§. 19) oder auch zu gleichen Azimuten (§. 20) auch gleiche Höhen desselben Sterns gehören.

§. 26. (Circumpolarsterne, obere und untere Culmination derselben.) Solche Sterne, die so nahe bei dem Pole sind, daß sie für einen bestimmten Beobachtungsort nicht mehr untergehen (§. 24. IV.), wie die des Parallelkreises DD'B, heißen Circumpolarsterne. Sie werden daher zweimal, während einer Umlaufszeit derselben, im Meridian gesehen, nämlich zur Zeit der oberen Culmination in D und zur Zeit der unteren Culmination in B; für auf- und untergehende Gestirne aber ist die untere Culmination unsichtbar. (Vergl. §. 19. I.)

§. 27. (Bestimmung der Polhöhe des Beobachtungsortes und der De-

Digitized by Google

clination der Sterne.) Wenn man die Höhe, oder was daſſelbe iſt, die Zenithdiſtanz (§. 10) eines Geſtirns im Augenblicke der Culmination dieſes Sterns, durch irgend ein dazu geeignetes Inſtrument beobachtet hat, ſo kann man daraus ſofort die Polhöhe des Beobachtungsortes finden, wenn anders die Declination des Sterns bekannt iſt, oder auch umgekehrt, die Declination, wenn die Polhöhe bekannt iſt.

Denn für Culminationen auf der Südſeite ZR des Zeniths hat man, wenn der Stern von nördlicher Declination, z. B. in S culminirt, QZ = QS + SZ oder:

Polhöhe = Declination + Zenithdiſtanz,

und wenn der Stern von ſüdlicher Declination, z. B. in T culminirt, QZ = TZ — TQ oder:

Polhöhe = Zenithdiſtanz — Declination.

Eben ſo hat man für Culmination der Circumpolarſterne auf der Nordſeite ZH des Zeniths, wenn der Stern über dem Pole N, z. B. in dem Punkte D culminirt, HN = QZ = QD — DZ oder:

Polhöhe = Declination — Zenithdiſtanz,

und wenn er unter dem Pol, z. B. in dem Punkte B culminirt, HN = QZ = QB — BZ, oder, da AB die Declination, alſo QB die Ergänzung der Declination zu 180 Graden iſt,

Polhöhe = 180° — Declination — Zenithdiſtanz,

wo immer + das bekannte Zeichen der Addition und — der Subtraction iſt. Dieſe Ausdrücke zeigen, wie man von den drei Größen, Polhöhe, Declination und Zenithdiſtanz im Meridian, wenn zwei derſelben gegeben ſind, die dritte finden kann.

§. 28. (Sternzeit.) Hätte man überdieß noch ein Mittel, für dieſelbe Zeit der Culmination eines Sterns, z. B. in S auch noch den Stundenwinkel des Frühlingspunkts V (§. 19 und 22. I.) zu beobachten, ſo würde man die Declination und die Rectaſcenſion (§. 22) dieſes Sterns, alſo eine vollſtändige Beſtimmung ſeines Ortes am Himmel erhalten. Denn dieſer Stundenwinkel iſt (§. 19) gleich dem Winkel VNQ oder gleich dem Bogen VQ und dieſer Bogen VQ iſt zugleich die Rectaſcenſion des Sterns S im Augenblicke ſeiner Culmination.

Man nennt dieſen Stundenwinkel QV des Frühlingspunktes, der für irgend einen Augenblick Statt hat, auch die Sternzeit dieſes Augenblickes, ganz eben ſo, wie wir oben (§. 19.) den Stundenwinkel der Sonne in jedem Augenblicke die wahre Sonnenzeit dieſes Augenblicks genannt haben, ſo daß es Null Uhr Sternzeit iſt, wenn der Frühlingspunkt durch den oberen Theil ZQ des Meridians geht, und 12 Uhr Sternzeit, wenn er durch den unteren Theil HZ' des Meridians geht. Auch heißt das Zeitintervall zwiſchen zwei nächſten Culminationen der Sonne der Sonnentag, und eben ſo die Zeit zwiſchen zwei nächſten Culminationen des Frühlingspunkts der Sterntag.

Bemerken wir noch, daß, wenn von den drei Größen, Rectaſcenſion eines Sterns, Stundenwinkel deſſelben und Sternzeit der Beobachtung, zwei gegeben ſind, die dritte auch ſofort durch jene zwei gegeben iſt, auch wenn der Stern irgendwo vor oder nach ſeiner Culmination außer dem Meridian ſteht. So hat man z. B. für den Stern S' die Rectaſcenſion VQ, den Stundenwinkel QQ' und die Sternzeit VQ.

Digitized by Google

Es ist aber immer VQ = VQ′ + Q′Q, das heißt, die Sternzeit der Beobachtung ist immer gleich der Summe der Rectascension und des Stundenwinkels des Sterns. Ist der Stern, zur Zeit seiner Culmination, in dem Meridian, so ist sein Stundenwinkel Null und daher die Sternzeit der Beobachtung gleich der Rectascension des culminirenden Sterns, wie zuvor.

§. 29. (Zusammenstellung des Vorhergehenden.) Zur bequemen Uebersicht wollen wir die Fig. 1 noch einmal einfacher und nur in ihren vorzüglichsten Bestandtheilen in Fig. 2 wieder geben und dabei dieselben Zeichen, wie zuvor, gebrauchen. Hier ist also

Z das Zenith des Horizonts HWR
N der Nordpol des Aequators AWQ und
E der Nordpol der Ekliptik MVL. Ferner sind

die Punkte H, W, R und V in derselben Ordnung Nord, West, Süd und der Frühlingspunkt, und HN = QZ ist die Polhöhe des Beobachtungsortes, dessen Zenith Z ist.

Zieht man durch die drei genannten Pole Z, N und E in derselben Ordnung auf die drei Kreise HWR, AWQ und MVL die senkrechten Kreise ZR′, NQ′, EL′, so sind diese letzten Kreise die Höhen-, Declinations- und Breitenkreise des Sterns S′ und man nennt den Bogen dieser Kreise

S′ R′ die Höhe,
S′ Q′ die Declination und
S′ L′ die Breite des Sterns S′.

Endlich ist RZR′ = RR′ das Azimut,

QNQ′ = QQ′ der Stundenwinkel,
VNQ′ = VQ′ die Rectascension und
VEL′ = VL′ die Länge des Sterns S′, so wie VNQ = VQ den Stundenwinkel des Frühlingspunkts oder die Sternzeit bezeichnet.

§. 30. (Einrichtung des Globus.) Um der Imagination derjenigen Leser zu Hilfe zu kommen, die nicht gewohnt sind, was von Kugelflächen gesagt wird, in einer Ebene dargestellt zu sehen, wie dieß in den beiden vorhergehenden Zeichnungen geschehen ist, wird es räthlich seyn, sich das bisher Gesagte auch durch den Anblick eines sogenannten Globus zu versinnlichen. Man sieht einen solchen in Fig. 3 abgebildet. Da übrigens auf einem solchen Instrumente alle oben erwähnten Kreise und Winkel, der Natur derselben ganz gemäß, dargestellt werden, so wird es zweckmäßig erscheinen, die Einrichtung und den Gebrauch desselben schon hier kurz zu erläutern.

I. Man hat von demselben bekanntlich zwei Gattungen, den Himmels- und den Erdglobus, von welchen jener die Oberfläche des Himmels und dieser die der Erde darstellt. Die gegenwärtige Zeichnung bezieht sich auf einen Himmelsglobus, in dessen Mittelpunkt man sich wieder, wie in Fig. 1, den Mittelpunkt der Erde denken kann, so daß die Ebenen der himmlischen Kreise auf der größeren Kugel, dort wo sie die kleineren der Erde schneiden, wieder die analogen irdischen Kreise, wie in §. 2 gesagt worden ist, anzeigen.

II. Der Himmelsglobus also besteht in einer Kugel, die in zwei ein-

Digitized by Google

ander gegenüberstehenden Punkten N und N' durch zwei Stifte in einem, in Grade getheilten, metallenen Ringe NQZ'B so befestigt ist, daß sich diese Kugel um die gerade Linie NN', als um eine Axe, frei drehen läßt. Dieser Ring ruht auf einem Fußgestelle HTRW, dessen oberer Rand HR einen ebenfalls eingetheilten Ring trägt. Der Stift bei N, der sich mit der Kugel zugleich dreht, trägt einen Zeiger, der auf einem, an dem metallenen Ringe befestigten und in 24 Stunden getheilten Kreise ab, der sogenannten Rose, sich bewegt.

III. Die beiden Punkte N und N' stellen die Weltpole und die gerade Linie NN' die Weltaxe vor. In gleichen Entfernungen von den beiden Polen ist der Aequator AVQ (§. 11) mit seinen durch L und D.. gehenden Parallelkreisen (§. 24) und die Ekliptik VL' L (§. 22. II). Die durch N und N', also senkrecht auf dem Aequator gehenden Kreise, wie NQN', NQ'N, NVN'.. sind Declinations- oder Stundenkreise (§. 23). Bezeichnet daher wieder V den Frühlingspunkt und S' irgend ein Gestirn, so wird, wenn S'L senkrecht auf der Ekliptik ist, VQ' die Rectascension, QS' die Declination, VL' die Länge, L'S' die Breite des Gestirns S' seyn.

IV. Der erwähnte metallene Ring NQZ'B, der immer mit dem Declinationskreise der Kugel zusammenfällt, stellt den fixen Meridian (§. 14), und der Kreis HR des Fußgestelles stellt den Horizont (§. 8) des Beobachters vor, dessen Zenith Z und Nadir Z' ist. Man denkt sich daher diesen Beobachter auf dem höchsten Punkte der Erde oder in dem obersten Punkte desjenigen Erddurchmessers, der verlängert durch die beiden Punkte Z und Z' des Himmels geht, weil in der That jeder Beobachter immer den höchsten Punkt der Erdoberfläche einzunehmen *glaubt*.

§. 31. (Orientirung des Globus.) Um den Globus für jede gegebene Zeit so zu stellen, daß er ein getreues Bild des Himmels für diese Zeit darstellt, oder um ihn zu orientiren, hat man Folgendes zu beobachten:

I. Bewegt man den metallenen Ring BNZQ in der horizontalen Scheibe HR so lange auf und nieder, bis der Bogen HN der Polhöhe des gegebenen Beobachtungsortes gleich ist, was man an der Eintheilung jenes Ringes erkennt. Dadurch wird zugleich das Zenith Z dieses Beobachtungsortes in den höchsten Punkt des Globus gebracht.

II. Dann sucht man, in dem auf der horizontalen Scheibe HR angebrachten Verzeichnisse, die Länge VL' der Sonne für den gegebenen Tag, wodurch man den Punkt L' des Himmels erhält, in welchem, an diesem Tage, die Sonne sich aufhält. Man dreht dann den Globus um seine Axe NN' so lange, bis dieser Ort L' unter den oberen Theil NQH des Meridians oder des metallenen Kreises kömmt und stellt, für diesen Stand des Globus, den Zeiger der Rose auf 12 Uhr.

III. Endlich dreht man das ganze Gestelle sammt seinem Globus so, daß die Linie HR mit der Mittagslinie (§. 15) des Beobachtungsorts nahe übereinstimmt, so daß der Punkt H nach Nord und R nach Süd gerichtet ist. Zu diesem Zwecke hat man gewöhnlich an dem Fußgestelle eine kleine Magnetnadel angebracht, die aber entbehrt werden kann, da diese letzte Stellung keineswegs eine große Genauigkeit erfordert.

Digitized by Google

Auf diese Weise geordnet, zeigt der Globus den Zustand des Himmels so, wie er für den gewählten Beobachtungsort im Mittage des gegebenen Tages statt hat. Dreht man dann die Kugel, ohne das Instrument weiter zu verrücken, gegen West oder von L' nach V, bis der Zeiger der Rose ab auf 6, 12, 18.. Stunden fällt, so erhält man das Bild des Himmels, wie er an demselben Beobachtungsorte um 6 Uhr Abends, um Mitternacht, um 6 Uhr Morgens... erscheint.

Hat man so den Globus für eine gegenwärtige Stunde der Nacht gestellt, so wird man diejenigen Sterne, die man am Himmel kennen lernen will, durch gerade Linien, bloß nach dem Augenmaße, mit dem Mittelpunkte des Globus verbinden und in den Durchschnittspunkten dieser Linien mit der Oberfläche des Globus, das Sternbild und die Namen der Sterne, die man sucht, verzeichnet finden. Auf diese einfache Weise wird man in kurzer Zeit den ganzen Himmel mit allen seinen vorzüglichsten Gestirnen kennen lernen. Man wird zugleich sehen, daß alle die Sterne, die auf dem Globus im Horizonte auf der Ostseite der Linie HR liegen, in dem gewählten Augenblicke eben aufgehen, während die auf der Westseite untergehen, während zugleich die, welche sich unter dem Meridiane HNZQ befinden, eben culminiren; man wird die Zeit des Auf- und Untergangs, so wie die der Culmination jedes einzelnen Sterns auf der Rose ablesen, die Größe der Tag- und Nachtbogen derselben bestimmen u. s. f., — kurz, man wird sich auf diese Weise ohne alle Mühe und gleichsam nur spielend von dem jedesmaligen Zustande des Himmels Rechenschaft geben, eine große Anzahl interessanter Fragen ohne alle Rechnung auflösen, und zu gleicher Zeit sich in den Stand setzen, die nun bald folgenden Betrachtungen, durch Versinnlichung derselben an dem Globus, leichter und deutlicher zu übersehen.

§. 32. (Trigonometrische Linien.) Bemerken wir noch zum Schlusse dieser Einleitung einige besondere gerade Linien in und an dem Kreise, deren Kenntniß uns später sehr nützlich seyn wird. — Sey ADBE (Fig. 11) ein Kreis, dessen Mittelpunkt C ist. Zwey auf einander senkrechte Durchmesser AB und DE theilen den Kreis in vier gleiche Theile, die man Quadranten nennt, so daß z. B. AD den ersten, DB den zweiten, BE den dritten und EA den vierten Quadranten bezeichnet.

Man nehme nun irgendwo in dem ersten Quadranten AD einen Punkt A' und ziehe den Halbmesser CA' des Kreises, den man über A' hinaus gen L verlängern kann. Auch errichte man in dem Anfangspunkte A des ersten Quadranten eine auf dem Durchmesser AB senkrechte Linie AL, die jenem verlängerten Halbmesser CA' in dem Punkte L begegnen soll. Endlich fälle man noch aus dem Punkte A' eine senkrechte Linie A'P auf denselben Durchmesser AB.

Dieß vorausgesetzt, nennt man in jedem Kreise, dessen Halbmesser gleich der Einheit angenommen wird, die Linie A'P den Sinus, so wie CP den Cosinus, und endlich AL die Tangente des Winkels ACA' oder, was dasselbe ist, des Kreisbogens AA', da dieser Bogen eben so viel Grade hat, als jener Winkel.

Der bloße Anblick der Zeichnung zeigt schon, daß, wenn der Punkt A' nach A fällt, Sinus und Tangente verschwinden und der Cosinus im Gegentheile gleich dem Halbmesser, d. h. gleich 1 wird. Fällt aber der Punkt A' nach D, so wird der Sinus gleich 1, der Cosinus gleich

Digitized by Google

Null und die Tangente endlich ganz unbegränzt oder, wie man zu sagen pflegt, unendlich groß. Mit andern Worten: für den Winkel von 0 Graden ist Sinus 0° gleich 0, Cosinus 0° gleich 1 und Tangente 0° gleich Null. Für einen Winkel ACD oder für einen Bogen AD von 90 Graden aber ist Sinus 90° gleich 1, Cosinus 90° gleich 0 und Tangente 90° unendlich groß.

Es ist aber für sich klar, daß man den Bogen AA' auch größer als 90° annehmen kann, wenn nämlich der willkührliche Punkt A' irgendwo in den zweiten, dritten oder selbst in den vierten Quadranten fällt. Läßt man auf diese Weise den Punkt A' die ganze Peripherie ADBE des Kreises durchlaufen, und zeichnet man für einige Orte desselben, in den verschiedenen Quadranten, jene drei trigonometrischen Linien, den Sinus, Cosinus und die Tangente, in den Kreis, so bemerkt man von selbst, daß der Cosinus im zweiten Quadranten auf dieselbe Weise wächst, wie er im ersten abgenommen hat, und daß der Sinus und die Tangente im zweiten Quadranten ganz eben so abnehmen, wie sie im ersten gewachsen sind, wenn man mit dem beweglichen Punkte A' immer in derselben Richtung von A nach D bis B fortgeht. Ganz ähnliche periodische Aenderungen dieser drei Linien haben offenbar auch im dritten und vierten Quadranten statt, so daß es daher genug ist, die Größe dieser Linien nur für alle Punkte in dem ersten Quadranten zu kennen, um sie auch sofort für die drei übrigen Quadranten zu finden. Für diesen ersten Quadranten oder für alle Winkel von 0° bis 90° hat man diese Linien schon längst, in den sogenannten trigonometrischen Tafeln, und zwar sehr genau von Minute zu Minute berechnet, mit deren Gebrauch sich jeder Leser sehr leicht durch die ihnen gewöhnlich beigefügte Einleitung bekannt machen kann. Wir bemerken hier nur noch, daß die Sinus des dritten und vierten Quadranten auf der andern Seite des Durchmessers AB, und die Cosinus des zweiten und dritten Quadranten auf der anderen Seite des Durchmessers DE liegen. In der Geometrie pflegt man aber diese Verschiedenheit der Lage durch die Zeichen + und — auszudrücken und die mit + versehenen Größen positiv, die andern aber negativ zu nennen. Nimmt man nun, wie gewöhnlich, in dem ersten Quadranten alle jene drei Linien positiv an, so folgt daraus, daß der Sinus im ersten und zweiten Quadranten positiv und im dritten und vierten negativ; daß der Cosinus im ersten und vierten Quadranten positiv und im zweiten und dritten negativ, und daß endlich die Tangente im ersten und dritten Quadranten positiv und im zweiten und vierten negativ ist.

Andere Eigenschaften dieser drei merkwürdigen Linien kann man im Eingange eines jeden trigonometrischen Handbuchs kennen lernen, daher wir uns hier nicht weiter dabei aufhalten wollen.

Bemerken wir noch, daß bei allen Zahlen dieser Schrift diejenigen Ziffern, welche nach dem Punkt folgen, sogenannte Decimalbrüche sind, so daß die erste Ziffer nach dem Punkte Zehntel, die zweite Hundertel, die dritte Tausendel u. s. w. bezeichnet. Da diese Art, die Brüche zu schreiben, viel bequemer, als die gewöhnliche und da sie zugleich in der Astronomie die gebräuchlichste ist, so wurde sie auch hier beibehalten.

Digitized by Google

Dieſem gemäß heißt alſo z. B. die Zahl 24.75 ſo viel als 24 Ganze, 7 Zehntel und 5 Hundertel oder, was daſſelbe iſt, 24 Ganze und 75 Hundertel. Eben ſo heißt 0.002 ſo viel als kein Ganzes und 2 Tauſendel und 0.0025 ſo viel als 25 Zehntauſendel u. ſ. w. Es wäre ſehr zu wünſchen, daß dieſe Art zu rechnen überall, ſelbſt im gemeinen Leben, eingeführt würde, beſonders wenn auch unſere Maaße, Gewichte und Münzen, wie es z. B. in Frankreich der Fall iſt, nach demſelben zehntheiligen oder nach dem ſogenannten Decimal-Syſteme eingetheilt wären.

Digitized by Google

Erste Haupt-Abtheilung.

Theorische Astronomie

oder

allgemeine Erscheinungen des Himmels.

Kapitel I.

Gestalt der Erde.

§. 1. (Erste Erscheinungen am Himmel und auf der Erde.) Die Erde erscheint uns auf den ersten Blick als eine, nach allen Seiten endlos ausgebreitete Ebene, unter welcher uns Alles fest und sicher dünkt, und über welcher sich der Himmel mit seinen Wolken und Gestirnen in der Gestalt einer Halbkugel wölbt. Da wir in der That von unseren höchsten Thürmen und Gebirgen denjenigen Theil der Erde, den wir von jenen Standpunkten übersehen, einige Erhöhungen und Vertiefungen ausgenommen, immer nur als eine Ebene erblicken, eine Erscheinung, die auf der hohen glatten See noch viel deutlicher hervortritt, so sind wir dadurch veranlaßt, die ganze Erde selbst für eine solche Ebene zu halten, über welcher der Himmel, gleich einem Gewölbe, ausgespannt ist. Dieß war ohne Zweifel die ganze Astronomie der ersten Menschen; dieß ist noch die Astronomie der Wilden in Afrika und Amerika, und wohl auch die vieler Zahmen in Europa, die sich, in ihrer Bescheidenheit, zum Unterschiede von jenen, die Gebildeten zu nennen pflegen. — Aber, wie weit ist es von diesem ersten gedankenlosen Anstaunen des Himmels und der Erde bis zu jener Ansicht, welche alle Erscheinungen derselben, welche den Zustand des ganzen Weltsystemes, in den vergangenen und künftigen Zeiten, gleichsam mit einem einzigen Blicke zu umfassen vermag.

Um dahin zu gelangen, mußten Jahrtausende von aufmerksamen Beobachtungen vorausgehen; mußte eine lange Reihe von Täuschungen und Irrthümern bekämpft, mußte der Fleiß und der Scharfsinn der

Digitized by Google

trefflichsten Männer aller Zeiten und Nationen vereinigt werden, um in den äußerst verwickelten Phänomenen, welche uns der gestirnte Himmel darbietet, die bloße Erscheinung von der ihr zu Grunde liegenden Wahrheit zu trennen, um in diesen Erscheinungen die ihnen zu Grunde liegenden Thatsachen zu erkennen, und um endlich von diesen Thatsachen sich bis zu dem Gesetze, dem sie alle gehorchen, bis zu dem Alles umfassenden Princip der allgemeinen Gravitation zu erheben, aus welchem alle jene Phänomene, wie aus einer gemeinschaftlichen Quelle, abgeleitet werden können.

Dieß ist der Weg, den der menschliche Geist in dieser Wissenschaft zurückgelegt hat, und zugleich der, welchen ich im gegenwärtigen Werke zu zeichnen versuchen will.

Soll ein Unternehmen solcher Art, nach dieser Einleitung, noch einer Apologie des Verfassers, oder einer Aufmunterung des Lesers bedürfen? — Die Astronomie ist der Stolz des menschlichen Geistes, und ihr Gegenstand ist das Weltall, das Größte und Herrlichste, das uns umgibt. — Wir wollen hören, wie der Mensch zur Erkenntniß dieses erhabenen Gegenstandes gekommen ist, und mit unseren eigenen Augen wollen wir sehen, wie die Himmel die Ehre Dessen erzählen, der sie gemacht hat. In manchen Minen soll es Menschen geben, die dort geboren und begraben werden, ohne je die Sonne und die Gestirne gesehen zu haben. Diese Bedaurungswürdigen aber, wie wenig sind sie von jenen Unglücklichen verschieden, die wohl auf der Oberfläche der Erde leben, aber darum doch nicht mehr bemerken von allen den Herrlichkeiten, die sie umgeben; die stumm und fühllos stehen in einer Welt voll Wunder, und deren Augen jenem Lichte verschlossen bleiben, welches für andere Menschen, und selbst für Wesen höherer Art, die Quelle der edelsten und erhabensten Genüsse seyn muß. Die Astronomie ist es, welche uns diese Augen des Geistes öffnet, und uns die Wunder einer Welt entschleiert, die beinahe nur von Blinden bewohnt wird.

§. 2. (Die Erde ist keine Ebene, und hat keine Unterstützung.) Es genügte vielleicht schon eine geringe Aufmerksamkeit, die Unrichtigkeit der oben angeführten Ansicht, einer nach allen Seiten ohne Gränzen ausgebreiteten ebenen Erde, mit der sicheren Grundlage unter ihr, auf der sie, wie man wähnte, ruhen sollte, zu bemerken. Man sah täglich die Sonne im Osten auf- und im Westen untergehen, und konnte doch nicht zweifeln, daß es immer dieselbe Sonne ist, welche dieses Schauspiel mit jedem neuen Tage vor uns aufführt. — Wo war sie aber während der Nacht? und was geht mit dem Monde und mit allen anderen Gestirnen des Himmels vor, die uns ebenfalls täglich im Westen verschwinden, um bald darauf im Osten wieder sichtbar zu werden? Sie sind doch offenbar dieselben, die wir gestern, die wir alle Tage schon gesehen haben. — Sie müssen also wohl unter uns, unter der Erde durchgegangen seyn, so daß wir von den Kreisen, die sie um uns beschreiben, nur denjenigen Theil erblicken, der über der Erde steht, während der andere Theil derselben, der auf der anderen Seite, der unter der Erde liegt, uns von dieser Erde selbst bedeckt, und daher für uns unsichtbar wird. Die Erde kann also wohl erstens kein endlos ausgedehnter Körper seyn, wie wir anfangs glaubten, sondern sie muß, so groß sie auch übrigens seyn mag, doch immer in bestimmte Gränzen eingeschlossen seyn, weil sonst jene Gestirne nicht um sie gehen könnten.

Auch werden wir zweitens den Glauben an ihren festen Stand, an die sichere Unterlage, auf der sie ruhen soll, aufgeben müssen, so sehr

Digitized by Google

uch gewohnt seyn mögen, die Erde als das Symbol der Festigkeit rachten, und so sicher wir uns auch bisher dünken mochten, wenn nur unseren Fuß auf die „dauernde, wohlbegründete Erde" setzen en. Denn welcher Art könnte jene Unterlage wohl seyn, wenn sie anze schwere Erde tragen, und nicht selbst wieder einer anderen rlage bedürfen sollte, und worauf würde die letzte aller dieser Un- gen selbst ruhen? Jene Gestirne endlich, wenn sie, wie wir gesehen , ihre Bahnen unter der Erde fortsetzen, sollen sie jene Unterlage eiden, oder durchbrechen, oder in zahllosen Kanälen sich ihre Wege dieses Hinderniß bahnen? — Wir werden also wohl auch diese Unterlage aufgeben, und annehmen müssen, daß die Erde nicht in horizontaler Richtung, sondern auch auf ihrer unteren Seite eben- wohl ein begränzter Körper ist, wie wir dieses auf der oberen Seite lben, auf der wir uns selbst befinden, bemerken. Welche Gestalt diese unsere Erde auch haben mag; sie ist ein ringsum abgeschlos- r Körper, dessen Oberfläche in allen seinen Theilen, mit der sie um- enden Luft, oder doch mit dem übrigen Weltraume in Verbindung ht, und da sie, wie wir gesehen haben, keine Unterlage haben kann, nn anders noch die Sterne sich um sie bewegen sollen; so bleibt nichts rig, als anzunehmen, daß sie frei in diesem Weltraume schwebe, daß irgend ein unsichtbares, ein uns unbekanntes Band sie an die- Stelle des Himmels festhalte. Ein kühner Gedanke für den, der ihn rst gedacht hat, obschon er, wenn er anders folgerecht denken sollte, nahe dazu gezwungen wurde.

§. 3. (Kugelgestalt der Erde.) Noch ist drittens die äußere Form ieser im Himmelsraume freischwebenden Erde zu bestimmen übrig. Hat e die Gestalt eines Würfels, eines Cylinders oder irgend eines andern Körpers? Solche Fragen können offenbar nicht durch Schlüsse, sondern e müssen durch Beobachtungen entschieden werden, und gewiß, wenn wir unsere Erde aus recht großer Entfernung, etwa aus dem Monde ehen könnten, wir würden mit dieser unserer Untersuchung bald im Rei- n seyn. Da wir aber an sie gebunden, und da alle Wege, die zum Ziele führen, uns unbekannt sind, so wollen wir uns wenigstens so weit über sie erheben, als wir eben dürfen, um, weil wir das Ganze nicht übersehen können, doch einen möglichst großen Theil desselben zu erblicken.

Unsere Berge, besonders die isolirt in der Ebene stehenden, bieten uns dazu ein gutes Mittel. Und wie erscheint uns da der Theil der Erde, den wir vom Gipfel jener Berge übersehen? — Durchaus in der Gestalt eines Kreises, über dessen Mittelpunkt wir selbst zu stehen glauben. Immer sehen wir die äußersten Gegenstände der Erde, die un- serm Gesichtskreis begränzen, in gleicher Entfernung von unseren Au- gen, und alle gleich tief unter uns. Die schärfsten Messungen mit dazu geeigneten Instrumenten bestätigen diese Erscheinung vollkommen, und auf der hohen See tritt sie, selbst auf den ersten Blick, als eine nicht weiter zu bezweifelnde Thatsache hervor. Die Schiffer nehmen bei allen ihren Beobachtungen auf diese Erscheinung Rücksicht, die bei ihnen unter der Benennung der Depression des Horizonts (Einl. §. 8) bekannt ist.

Wenn uns aber die Oberfläche der Erde überall, wo wir sie aus ei- nem Punkte über ihr betrachten, von einem Kreise begränzt erscheint, so muß diese Erde selbst offenbar die Gestalt einer Kugel haben, da nur bei der Kugel in allen ihren Theilen jene Erscheinung Statt ha- ben kann.

Digitized by Google

§. 4. (Wieviel wir von der Erde in größeren Höhen übersehen.) W
ben wir nun einen Augenblick bei diesem Gegenstande stehen, um
etwas näher zu betrachten. — Wir werden weiter unten sehen, daß
Halbmesser dieser Kugel 19628000 Pariser Fuß, oder nahe $859^3/_{10}$ deut
Meilen beträgt, von welchen eine der 15te Theil eines Grades des U
fanges der Erde ist, und daher $22841^8/_{10}$ Par. Fuß hat. Dieß vora
gesetzt, wie viel übersehen wir von der Erde von der Spitze eines Thurm
oder von dem Gipfel eines Berges, dessen Höhe gegeben ist, und un
welchem Winkel erscheint uns, in jener Höhe, dieser von dort sichtb
Theil der Erde?

Es ist für sich klar, daß wir immer mehr von dieser kugelförmig
Erde übersehen werden, je höher wir steigen, und daß zugleich der u
sichtbare Theil der Erde, obschon er, wenn wir uns über ihn erhebe
an sich selbst immer größer wird, doch sich unserem Auge unter eine
geringeren Winkel darstellen, oder immer kleiner erscheinen wir
So werden wir ganz nahe über der Oberfläche der Erde, in der geri
gen Höhe von 14 Fuß, auf der offenen See einen Kreis derselben übe
sehen, dessen Peripherie in allen ihren Punkten nahe eine Meile v
uns entfernt ist, aber dieser Halbmesser von einer deutschen Meile ste
uns so nahe, daß er uns unter einem sehr großen Winkel erscheint, d
nur vier Minuten kleiner ist, als ein Quadrant, der also beinahe ei
rechter Winkel ist, oder mit anderen Worten, die geraden Linien au
unserem Auge an alle Punkte der Peripherie werden nur äußerst weni
unter dem Horizont geneigt seyn, und jener Kreis selbst, also auch m
ihm die ganze sichtbare Erde, wird uns als eine nahe horizontale Eben
erscheinen. Könnten wir uns aber so weit, als der Mond, von unsere
Erde entfernen, der, wie wir später sehen werden, 50740 Meilen vo
der Oberfläche der Erde absteht, so würden wir, von diesem weiten Stand
punkte aus, einen viel größeren kreisförmigen Theil der Erde übersehen
dessen Peripherie von dem mittleren Punkte dieser sichtbaren Erdfläch
ringsum 1335 Meilen absteht, d. h. wir würden von dem Monde au
beinahe die ganze zu uns gekehrte Hälfte der Erde, deren Umkreis 535
Meilen beträgt, übersehen, aber dessenungeachtet würde uns diese ganz
große Kugel nur unter dem sehr kleinen Winkel von noch nicht zwe
Graden oder noch nicht einmal viermal so groß im Durchmesser erschei
nen, als wir jetzt den Mond oder auch die scheinbar nahe gleich groß
Sonne am Himmel erblicken. Sey C (Fig. 4) der Mittelpunkt der ku
gelförmigen Erde BTD und ein Beobachter a in der Höhe Ba, so wie
ein zweiter A in der Höhe BA über der Oberfläche der Erde. Zieht
man von diesen Punkten a und A die geraden Linien at und AT, welche
die Erde in t und T berühren, so stellen tt' und TT' die Peripherien der
Kreise vor, welche die aus a und A sichtbaren Theile der Erde begrän
zen, und man kann Bt und BT die Halbmesser dieser Kreise, so wie
die Winkel Cat und CAT, unter welchen diese Halbmesser dem Beob
achter in a und A erscheinen, die Gesichtswinkel derselben nennen.
Der bloße Anblick der Zeichnung zeigt, daß, wenn die Höhe des Beob
achters über der Erde wächst, auch jene Halbmesser wachsen, und im
Gegentheile jene Gesichtswinkel abnehmen.

Umstehende Tafel gibt eine leichte Uebersicht dieser Größen. Die erste
Columne enthält die Höhe BA des Beobachters über der Oberfläche der
Erde, die zweite gibt den Halbmesser BT oder die Hälfte des sichtbaren
Kreises in deutschen Meilen, beide in Pariser Fuß ausgedrückt, und die
dritte endlich gibt den Gesichtswinkel CAT, unter welchem dieser Halb
messer dem Auge in A erscheint.

Digitized by Google

Höhe.	Halbmesser.	Gesichtswinkel.
10 Fuß	19804 Fuß	89° 56′
20 „	28022 „	89 55
30 „	34310 „	89 54
40 „	39618 „	89 53
50 „	44295 „	89 52
100 „	62642 „	89 49
200 „	88590 „	89 44
300 „	108500 „	89 41
400 „	125260 „	89 38
500 „	140070 „	89 35
1000 „	198090 „	89 25
2000 „	280150 „	89 10
3000 „	343100 „	89 0
4000 „	396180 „	88 50
5000 „	442950 „	88 42
10000 „	626400 „	88 10
15000 „	767200 „	87 45
20000 „	885890 „	87 24
25000 „	990450 „	87 6

Dividirt man diese Halbmesser oder die Zahl der zweiten Columne durch 22842, so erhält man die Werthe derselben in deutschen Meilen. So findet man z. B. für die vier letzten Angaben der Tafel, daß man von dem Pic in Teneriffa (Höhe 10000 P. Fuß) einen Umkreis der Erde von 27 Meilen im Halbmesser übersehen kann, und daß dieser Halbmesser für den Montblanc (Höhe 15000 P. Fuß) 34, für den Chimborasso (Höhe 20000 P. Fuß) nahe 39, und endlich für den Gipfel des Dhawalagiri im Himalaja-Gebirge (Höhe 25000 P. Fuß) nahe 43 deutsche Meilen beträgt, während er, wie wir bereits oben gesehen haben, für den Mond (Höhe 50740 Meilen) auf 1335 Meilen oder sehr nahe auf den 4ten Theil der Oberfläche der Erde sich ausbreitet. Nahe auf dieselbe Höhe von 25000 Fuß erhoben sich auch Biot und Gay-Lussac in ihren aeronautischen Expeditionen, und diese Höhe ist überhaupt die größte, welche Menschen bisher erreicht haben.

§. 5. (Größe der Erde.) Beobachtungen dieser Art, welche uns die kugelförmige Gestalt der Erde kennen lehrten, könnten uns zugleich, das wohl nicht weniger interessant wäre, von der eigentlichen Größe dieser Kugel unterrichten. Nähmen wir z. B. an, daß man für eine Höhe BA von 10000 P. Fuß durch irgend eine Messung den Halbmesser BT jenes sichtbaren Kreises 626400 Fuß gefunden hätte, — eine sehr einfache Rechnung würde uns dann aus diesen beiden Zahlen den Halbmesser der Erde geben. Er würde nämlich gleich seyn der Hälfte des Quadrats der Zahl 626400, dividirt durch 10000. Führt man diese kleine Rechnung aus, so findet man für den Halbmesser der Erde 19620000 P. Fuß, oder 859$^{3}/_{10}$ d. M. wie zuvor. Kennt man aber den Halbmesser einer Kugel, so ist es bekanntlich sehr leicht, auch die Peripherie und die Fläche eines größten Kreises derselben, so wie die Oberfläche

Digitized by Google

und den körperlichen Inhalt der Kugel selbst zu finden a). Allein i
Beobachtungen sind sehr schwer mit der wünschenswerthen Genauig
anzustellen, weil die Atmosphäre, wie wir weiter unten sehen wer
alle Gegenstände, die wir durch sie erblicken, verstellt, so daß diese
genstände uns an ganz anderen Orten, als wo sie in der That
erscheinen, eine Verrückung, die besonders in der Nähe des Horizo
wo jene Beobachtungen angestellt werden sollen, so groß und so
wickelt ist, daß man auf alle Präcision in den Resultaten solcher E
rimente, Verzicht leisten muß.

§. 6. (Folgen der Kugelgestalt der Erde.) Wir wollen uns daher
gnügen, die wahre Gestalt der Erde auf diesem Wege erkannt zu ha
— Unser Wohnort ist also, wie wir gesehen haben, keine Ebene, die
ohne Ende in die Tiefe, und ohne Gränzen nach der Seite ausde
sondern sie ist eine Kugel, die ohne Unterstützung frei im Weltra
schwebt, wie der Mond und die Sonne, die wir ebenfalls unter der
ben kugelförmigen Gestalt am Himmel schweben sehen. Diese So
bringt uns den Tag, so oft sie in Osten erscheint, und die von uns
wohnten Gegenden mit ihren Strahlen beleuchtet. Wenn sie aber ih
Lauf, an dem uns sichtbaren Gewölbe des Himmels, über uns voll
det hat, und am Abend jedes Tages unseren Augen verschwindet, so l
sie den übrigen Theil ihrer täglichen Bahn auf der anderen Seite
Erde, also unter uns, zurück, und beleuchtet die uns entgegengesetz
Gegenden der Erdkugel, die sie dann mit dem Lichte des Tages erfre
während wir im Schatten der Nacht ruhen, bis uns die Morgenrö
in Osten aus unseren Träumen weckt, und wir einem neuen Tag e
gegen gehen, während jene wieder von dem dunklen Mantel der ko
menden Nacht bedeckt werden. So wechseln Licht und Schatten auf
serer kugelförmigen Erde; Tag und Nacht haben sie zu gleichen Hälf
unter sich getheilt, und dieselbe Sonne ist es, die, täglich ihren Kre
lauf um die Erde vollendend, allmählig alle Gegenden derselben
ihren wohlthätigen Strahlen beleuchtet und erwärmt.

— — Redit a nobis aurora diemque reducit
Nosque, ubi primus equis Oriens afflavit anhelis,
Illic sera rubens accendit lumina Vesper.

Virg.

Wir werden später die Mittel kennen lernen, die Gestalt sowo
als auch die Größe der Erde mit großer Genauigkeit zu bestimm
Hier wird es genügen, noch einige Bemerkungen anzuführen, durch wel
die bereits erkannte Kugelgestalt der Erde bestätigt wird, und die sämm
lich der Art sind, daß sie keine weiteren Vorkenntnisse voraussetzen, u
daher auch schon in den frühesten Zeiten angestellt werden konnten.

---

a) Ist nämlich r der Halbmesser der Kugel, und π die Zahl 3.14159;
so ist die Peripherie eines größten Kreises derselben 2rπ und die Flä
dieses Kreises rrπ; die Oberfläche der Kugel selbst aber 4rrπ und e
lich ihr Volumen oder ihr körperlicher Inhalt $^4/_3$rrrπ. Nimmt m
wie zuvor, r gleich 859$^3/_{10}$ Meilen, so findet man für die Periphe
des größten Kreises der Erde 5399 Meilen, und die Fläche desselb
2319740 Quadrat-Meilen. Die Fläche der ganzen Kugel aber 92789
Quadrat-Meilen, und das Volumen derselben 2657804000 Kubik-Meile

Digitized by Google

§. 7. (Beweise der Kugelgestalt der Erde: I. Aus der Ansicht ferner Gegenstände.) Wenn Reisende in einer Ebene sich fernen Bergen oder einem hohen Thurme allmählig nähern, so erblicken sie bekanntlich zuerst die höchsten Spitzen, und erst später die immer tiefer liegenden Theile derselben. Noch deutlicher tritt diese Erscheinung auf der hohen See hervor, wo die am Ufer stehenden Zuschauer von dem absegelnden, und sich immer mehr von ihnen entfernenden Schiffe zuerst die untersten Theile desselben aus dem Gesichte verlieren, und zuletzt, ehe das Ganze verschwindet, nur noch die höchsten Spitzen der Maste erblicken. Da diese Erscheinung auf allen Orten der Erde Statt hat, so muß die Erde selbst eine runde Gestalt haben, und kann keine Ebene seyn, weil in dem letztern Falle jenes Schiff, gleich einem Vogel oder einem Luftballone, je weiter er sich von uns entfernt, nicht, wie zuvor, bloß an einer unteren Seite unsichtbar, sondern in allen seinen Theilen zugleich kleiner werden, und endlich als ein für unser Auge unsichtbarer Punkt gänzlich verschwinden müßte.

§. 8. (II. Aus Reisen in der Richtung des Meridians.) Jedermann kennt das schöne Sternbild am nördlichen Himmel, welches man den großen Bären oder auch den Wagen nennt. Es besteht vorzüglich aus sieben großen Sternen, deren vier wie die Räder eines Wagens sehr nahe ein regelmäßiges Viereck bilden, während die drei anderen die etwas gekrümmte Deichsel vorstellen. Wenn man durch die beiden Hinterräder desselben eine gerade Linie zieht, und die Verlängerung desselben gegen Norden, fünfmal so groß nimmt, als die Distanz dieser zwei Räder, so trifft das Ende dieser Linie einen anderen schönen Stern, den man den Polarstern nennt. Dieser wichtige Stern, von welchem wir später noch oft sprechen werden, steht beinahe in völliger Ruhe am Himmel, während alle anderen in jedem Tage kleinere oder größere Kreise um ihn zu beschreiben scheinen. Wenn man auf der Erde in der Richtung von Süd nach Nord, gleichsam auf den Polarstern zureis't, so erhebt sich jener Stern immer mehr über unseren Horizont, und zwar in demselben Verhältnisse, in welchem man gegen Norden vorrückt. Eine solche Reise in der Richtung von Süd gegen Nord würde z. B. die von Rom über Benedig, Regensburg und Leipzig nach Rostock seyn. In Rom aber sieht man den Polarstern in der Höhe von 42 Graden über dem Horizonte, während er in Rostock 12 Grade höher oder in der Höhe von 54 Graden über dem Horizont dieser letzten Stadt erscheint. Allein die Distanz dieser beiden Orte auf der Erde beträgt 180 d. Meilen. Da aber, nach dem Vorhergehenden, 15 d. Meilen auf einen Grad des Umfangs der Erde gehen, so betragen diese 180 Meilen ebenfalls 12 Grade auf der Oberfläche der Erde oder genau ebensoviel, als jene Erhöhung des Polarsternes auf der Oberfläche des Himmels, wie dieses seyn muß, wenn die Erde in der That die Gestalt einer Kugel haben soll.

§. 9. (III. Aus den sogenannten Reisen um die Welt.) Wir wissen ferner, daß unsere Weltumsegler, wenn sie ihren Lauf immer in derselben Richtung, z. B. von Ost nach West beibehalten, also sich scheinbar immer weiter von ihrem Abfahrtspunkte entfernen, daß sie doch am Ende ihrer Reise wieder an demselben Punkte ankommen, von welchem sie ausgegangen sind, was unmöglich wäre, wenn die Erde die Gestalt einer Ebene hätte. Ebenso entfernen sich zwei solche Schiffe, die aus demselben Hafen, das eine nach West, und das andere nach Ost auslaufen, nicht immer von einander, wie dieses auf einer Ebene der Fall seyn müßte, sondern sie begegnen einander auf halbem Wege, obschon sie in

Digitized by Google

der That immer in derselben Richtung, und zwar auf einer scheinbar Ebene fortzusegeln wähnten, ohne irgendwo eine Ecke oder einen Abgrun zu treffen, der sie in ihrem Laufe aufgehalten hätte.

§. 10. (IV. Aus Mondsfinsternissen.) Wer ferner je eine Mondsfinsterniß angesehen hat und weiß, daß sie entsteht, wenn der Mond in den Schatten tritt, welchen die von der Sonne beleuchtete Erde hinter sich wirft, dem wird der bloße Anblick dieser Erscheinung schon einen Beweis mehr für die runde Gestalt der Erde geben. Die Gränze des Erdschattens erscheint nämlich, bei diesen Finsternissen, auf der kugelförmigen Oberfläche des Mondes immer rund, zum Zeichen, daß die Erde selbst, welche diesen Schatten wirft, auch rund seyn müsse. Zwar könnte man einwenden, daß auch dann, wenn die Erde, und daher auch ihr Schatten, eine Ebene wären, der letzte auf dem Monde doch noch immer rund erscheinen müßte. In der That ist der Schnitt einer Kugel also auch der des Mondes, mit einer Ebene, immer ein Kreis, und ein Kreis muß allen denen, welche außer der Ebene desselben, und schief gegen dieselbe stehen, als eine Ellipse, also als eine krumme Linie erscheinen. Allein wir, die Bewohner der Erde, sind zur Zeit jener Finsternisse immer sehr nahe in der Ebene jenes Kreises, und dieser Kreis oder diese Schattengränze müßte uns daher auf dem Monde als eine gerade Linie erscheinen, wenn diese Schattengränze selbst eine Ebene wäre. Da dieß aber gegen die Erfahrung ist, oder da uns diese Gränze immer krumm erscheint, so muß auch unsere Erde selbst eine krumme Gestalt haben.

§. 11. (V. Aus der Gestalt anderer Gestirne.) Als endlich, im sechszehnten Jahrhunderte, die Fernröhre erfunden wurden, bemerkte man auch an mehreren anderen Himmelskörpern dieselbe Kugelgestalt, die man denn auch sehr bald als die Lieblingsform der Natur erkannte, bis sie endlich, durch die Theorie der allgemeinen Schwere, nur mit einigen kleinen Abweichungen, von welchen wir später reden werden, als die einzig mögliche erkannt und bewiesen worden ist. Sonne und Mond und alle Planeten mit ihren Satelliten haben diese Gestalt; warum sollte allein die von uns bewohnte Erde sie nicht auch haben? Ein dunkles Gefühl scheint uns bereits aus den wenigen vorhergehenden Betrachtungen zuzurufen, daß wir bisher im Irrthume waren, wenn wir die Erde, unseren Wohnort, als etwas Eigenes, für sich Bestehendes ansahen, dergleichen nicht weiter in der übrigen Welt zu finden sey, ja der zu Liebe wohl, wie wir früher wähnten, alles Andere da seyn soll, und daß wir uns daher bei Zeiten gewöhnen müssen, in dieser Erde nicht sowohl unseren ausschließenden Wohnort, als vielmehr einen jener großen Himmelskörper mehr zu erblicken, welche den Weltraum um uns erfüllen, von deren Chor wir nur einen, und wie wir bald sehen werden, einen sehr kleinen Theil ausmachen.

Digitized by Google

Kapitel II.

Tägliche Bewegung der Erde.

§. 12. (Erscheinung der täglichen Bewegung des Himmels.) Wir haben bereits gesehen, daß der ganze Himmel mit allen seinen Gestirnen täglich einmal von Ost gegen West um unsere Erde sich bewege. So scheint es allerdings uns Allen, daher denn auch diese Meinung nicht nur von dem gemeinen Manne, sondern auch, in den früheren Zeiten wenigstens, von den sogenannten Weisen so einstimmig angenommen wurde, daß man sie endlich, durch eine sonderbare Vermischung der Begriffe, für eine unantastbare Wahrheit zu betrachten anfieng, an der zu zweifeln sogar für ein Verbrechen gehalten werden konnte.

Ehe wir aber die Richtigkeit dieser Meinung untersuchen, wird es nöthig seyn, die Erscheinung selbst, welche ihr zu Grunde liegt, näher zu betrachten.

Wenn sich eine Kugel um einen durch ihren Mittelpunkt gehenden Stab, als um eine Axe, dreht, so wird jeder Punkt der Oberfläche dieser Kugel einen Kreis beschreiben, dessen Ebene senkrecht auf dieser Axe, und dessen Mittelpunkt irgendwo in dieser Axe liegen wird. Der größte aller dieser Kreise wird jener seyn, dessen Mittelpunkt zugleich der Mittelpunkt der Kugel ist, und zu beiden Seiten dieses Kreises werden die übrigen Kreise gleichmäßig immer kleiner werden, bis sie endlich, in den beiden Endpunkten jener Achse, verschwinden, oder bloß in zwei Punkte übergehen, die allein von allen Punkten der rotirenden Kugelfläche, sich nicht bewegen. Diese beiden festen Punkte, von welchen jeder einzelne jener Kreise in allen Theilen seines Umfangs gleich weit absteht, nennt man die Pole (Einl. 3 und 11) jener Kreise, und jener größte Kreis, der in der Mitte zwischen den Polen, also von beiden Polen gleich entfernt ist, heißt der Aequator (11) der Kugel, während alle übrigen kleineren Kreise Parallelkreise (24) genannt werden.

Dieses vorausgesetzt, wollen wir in irgend einer ausgedehnten Ebene, an einem hellen Abend, bald nach Sonnenuntergang, unsere Augen zu dem Himmel erheben, und die Gegenstände betrachten, die er uns darbietet. Wir erblicken zuerst ein weites, halbkugelförmiges Gewölbe, mit Sternen von mannigfaltiger Größe besäet. Die stille Größe dieses erhabenen Schauspieles erfüllt uns, selbst bei wiederholter Betrachtung, mit immer neuer Bewunderung, und mit einer dunkeln Sehnsucht, diesen Gegenständen über uns näher zu kommen, und die Ursache und den Zweck dieser wunderbaren Erscheinung kennen zu lernen.

Wenn wir einzelne, besonders auffallende Gruppen dieser Gestirne länger betrachten, und ihre Lage gegen feste irdische Gegenstände, z. B. gegen Bäume oder Thürme, vergleichen, so finden wir, daß alle jene Sterne, ohne ihre gegenseitige Lage unter sich zu ändern, in einer gemeinschaftlichen Bewegung von Ost gegen West begriffen sind. Wenden wir unser Gesicht gegen den bereits bekannten Polarstern (S. 31), oder

Digitized by Google

gegen Nord, so sehen wir die zur rechten Hand, auf der Ostseite, liegenden Sterne sich immer mehr über den Horizont erheben, indeß jene auf der entgegengesetzten, linken oder westlichen Seite, immer tiefer herabsinken, und, wenigstens die von dem Polarsterne entferntesten Gestirne, zuletzt ganz verschwinden, während zu gleicher Zeit in Osten wieder andere, neu hervorkommende Sterne gleichsam aus der Erde heraufsteigen, um sich sofort den übrigen beizugesellen, und gleich ihnen ihre Bewegung von Ost nach West fortzusetzen.

Eine geringe Aufmerksamkeit wird genügen, um zu zeigen, daß die Bahnen, welche diese Gestirne am Himmel beschreiben, alle kreisförmig sind. Von den, dem Polarsterne nahen Gestirnen, kann man die ganzen von ihnen beschriebenen Kreise in allen ihren Theilen übersehen, da sich diese Sterne immer über dem Horizonte befinden, und ohne auf- und unterzugehen (24. IV.) täglich ihre kreisförmige Bahn um einen festen Punkt, der dem Polarsterne sehr nahe ist, zurücklegen. So sieht man z. B. von dem oben erwähnten Sternbilde des Wagens zur Zeit, wo es senkrecht unter dem Polarsterne steht, die Deichsel nahe horizontal und gegen West gerichtet. Nach sechs Stunden aber steht der Wagen östlich in gleicher Höhe mit dem Polarsterne, und die Deichsel senkrecht abwärts. Nach sechs weiteren Stunden ist der Wagen senkrecht über dem Sterne, und die horizontale Deichsel richtet sich nach Osten. Nach neuen sechs Stunden steht der Wagen wieder westlich vom Sterne, und seine Deichsel erscheint senkrecht aufwärts gestellt, bis endlich, wenn volle vier und zwanzig Stunden seit dem ersten Zeitpunkte verflossen sind, das ganze Gestirn wieder seine erste Lage unter dem Polarsterne einnimmt. Während dieser Zeit hat jedes einzelne Gestirn dieses Sternbildes seinen ganzen Kreis um jenen festen Punkt, um den Pol des Himmels, zurückgelegt, und dieser Kreis ist in demselben Verhältnisse größer (24), in welchem die Entfernung des Gestirns von jenem festen Punkte wächst.

Wenn diese Entfernung noch weiter zunimmt, und endlich größer wird, als die Höhe des Polarsterns über unserem Horizonte, so werden uns die unteren Theile dieser Kreise von dem Horizont bedeckt, und daher für uns unsichtbar. Allein wir haben bereits oben (S. 31) bemerkt, daß man nur von Süd nach Nord reisen darf, um den Polarstern immer in einer größeren Höhe zu erblicken, so daß also für die nördlicheren Gegenden unserer Erde immer mehr Sterne in allen Punkten ihrer Bahn sichtbar bleiben, zum Beweise, daß auch diejenigen Sterne, welche für südlichere Gegenden nur den oberen Theil ihres Kreises sichtbar haben, den unteren Theil desselben, der von unserer Erde verdeckt wird, unter dem Horizont zurücklegen. Könnte man, wie Parry und Roß in unseren Tagen versuchten, so weit gegen Norden vordringen, daß der Polarstern endlich senkrecht über uns oder in unserem Zenithe stünde, so würden wir alle Sterne des uns dort sichtbaren Himmels ohne Ausnahme ganze Kreise beschreiben sehen, da sie dort sämmtlich dem Horizont parallel, und immer größer seyn würden, je näher sie dem Horizont selbst kommen. Im Gegentheil, wenn wir, statt wie bisher gegen Norden, immer weiter nach Süden reisen, so wird der Polarstern, auf unserer Rückseite, immer tiefer zu unserem Horizont herabsinken, während dafür andere, bisher ungesehene Sterne, in Süden sichtbar werden, und die Kreise aller südlichen Sterne werden jetzt immer höher steigen, so daß von ihrem unteren Theile immer kleinere Bogen von dem Horizonte bedeckt werden. Rücken wir so weit auf unserer südlichen Reise vor, daß endlich der Polarstern hinter uns den Horizont er-

Digitized by Google

reicht, und uns unsichtbar wird, so stehen jetzt die Kreise aller Sterne, deren Ebene bisher gegen Norden geneigt war, senkrecht auf unserem Horizonte, und wir sehen von jedem derselben genau die eine Hälfte über der Erde, während die andere Hälfte unter der Erde, und daher für uns unsichtbar ist. In dieser Lage ist derjenige Kreis, der gerade über uns steht, d. h. der durch unser Zenith oder durch unseren Scheitelpunkt geht, der größte von allen, und zu beiden Seiten dieses größten Kreises werden alle übrigen gleichmäßig immer kleiner, bis sie endlich in zwei einander entgegengesetzten Punkten des Horizonts gänzlich verschwinden. Diese zwei Punkte sind zugleich die einzig unbeweglichen Punkte des Himmels, von welchen der eine, wie bereits oben erwähnt, der Nordpol, und der andere, ihm entgegengesetzte, der Südpol des Himmels heißt, während der erwähnte, durch unser Zenith gehende, oder der größte aller Parallelkreise, der Aequator des Himmels genannt wird (Einl. 11).

Setzt man endlich diese Reise in südlicher Richtung noch weiter fort, so erhebt sich auch der früher ganz unsichtbare Südpol immer mehr über die Erde, und die ihn zunächst umgebenden Sternenkreise befreien sich immer mehr von dem Horizonte, und kurz dieselben Erscheinungen, die wir oben auf der Reise nach Norden an den nördlichen Sternen bemerkten, kommen jetzt in derselben Ordnung an den südlichen wieder, bis wir endlich dahin gelangen, wo der Südpol gerade über uns steht, und alle Sternenkreise wieder mit unserem gegenwärtigen Horizonte parallel stehen, wo wir zugleich bemerken werden, daß alle die Sterne, welche wir jetzt unter dem Südpole sehen, durchaus von denjenigen verschieden sind, welche wir früher unter dem Nordpole erblickten, oder daß wir hier die südliche, und dort die nördliche Halbkugel des Himmels gesehen haben.

Alles Vorhergehende zeigt, daß der kugelförmige Himmel mit allen seinen Gestirnen sich täglich von Ost gegen West um eine gerade Linie, als um eine Axe dreht, welche durch die beiden erwähnten festen Punkte desselben, durch den Nord- und Süd-Pol des Himmels, geht. Da aber diese beiden Pole, wie wir gesehen haben, einander gerade gegenüber stehen, und da wir überdieß unsere ebenfalls kugelförmige Erde genau in den Mittelpunkt jener Himmelskugel voraussetzen, so wird auch jene Axe durch den Mittelpunkt der Erde gehen, und die Oberfläche derselben ebenfalls in zwei Punkten treffen, welche der Nord- und Süd-Pol der Erde genannt werden (Einl. 2, 11). Ganz ebenso wird auch der himmlische Aequator oder die Ebene jenes größten Kreises, in welchem die Sterne sich bewegen, welche von den beiden Polen gleichweit entfernt sind, die Oberfläche der Erde in einem Kreise, dem irdischen Aequator (11), schneiden, wie denn überhaupt alle größte oder durch den Mittelpunkt gehende Kreise des Himmels auch durch den Mittelpunkt der Erde gehen, und die Oberfläche der letztern wieder in Kreisen schneiden werden, die wir, zum Unterschiede von jenen, die gleichnamigen irdischen (Einl. §. 2) Kreise heißen werden.

§. 13. (Aeußere Wahrscheinlichkeit der Bewegung des Himmels.) Diese Erklärung der beobachteten täglichen Bewegung der Gestirne, durch eine Rotation des Himmels um eine fixe, durch den Mittelpunkt der Erde gehende Axe, ist so einfach und der Sache selbst so angemessen, daß sie für eine unmittelbare Bezeichnung der Erscheinung selbst, oder gleichsam nur für einen andern Ausdruck derselben angesehen werden kann. Auch werden dadurch alle einzelnen Umstände des ganzen Phänomens so ge-

Digitized by Google

nau dargestellt, daß man an der Richtigkeit der Erklärung selbst nicht leicht weiter zweifeln kann.

Dessenungeachtet wird es vielleicht nicht ganz überflüssig erscheinen, auch hier auf unserer Hut zu seyn. Wir wissen bereits, welchen Täuschungen unsere Sinne, und welchen oft noch viel größeren Irrthümern die Schlüsse unterworfen sind, die wir auf die Eindrücke dieser Sinne zu bauen pflegen. Auch haben wir an dieser unserer Erde selbst bereits gelernt, uns vor solchen Täuschungen zu bewahren, da sie uns Allen eben so unbezweifelt als eine Ebene erschien, und demungeachtet, wie wir gesehen haben, eine ganz andere Gestalt hat.

Wir müssen daher, ehe wir weiter gehen, zusehen, ob sich von derselben Erscheinung, von der täglichen Bewegung der Gestirne um die Erde, nicht noch eine andere Erklärung, eine andere Hypothese, aufstellen lasse, die vielleicht die Sache eben so genau darstellt, wie jene. Wenn wir eine solche finden sollten, so wird es dann darauf ankommen, die inneren Gründe beider Hypothesen abzuwägen, und dadurch vielleicht zu entscheiden, welche von ihnen auf der Seite der Wahrheit liegt.

§. 14. (Tägliche Rotation der Erde.) Wir haben bisher angenommen, der Himmel drehe sich täglich von Ost gegen West um die in seinem Mittelpunkte ruhende Erde. Wie aber, wenn wir den Himmel in Ruhe lassen, und dafür die Erde, aber in entgegengesetzter Richtung, in Bewegung setzen? Wenn wir annehmen wollten, die Erde drehe sich täglich von West gegen Ost um die durch ihren Mittelpunkt gehende Axe, während der sie ringsum concentrisch umgebende Himmel in völliger Ruhe bleibt?

§. 15. (Erklärung jener Erscheinungen durch die Rotation der Erde.) So sonderbar diese Meinung auch auf den ersten Blick erscheinen mag, so kann man doch nicht läugnen, daß durch sie jene Erscheinung ganz eben so gut und vollständig erklärt wird, als durch die vorhergehende. Die Sterne, so sagten wir, und so scheint es uns in der That, steigen bei ihrem Aufgange an der Ostseite des Himmels, über unserem *festen* Horizont herauf und nähern sich demselben wieder bei ihrem Untergange auf der Westseite, wo sie immer tiefer fallen und endlich ganz verschwinden. — Allein diese ganze Erscheinung, mit allen den sie begleitenden und oben bereits erwähnten Umständen, wird auch eben so gut Statt haben, wenn die Sterne des Himmels alle ruhig stehen bleiben, und wenn dafür die Erde in einer entgegengesetzten Richtung, oder von West gegen Ost, sich um ihre Axe dreht. Denn wird nämlich auch der Beobachter, wenn er sonst seinen Ort auf der Erde nicht ändert, sich mit derselben nach Osten bewegen, und da der Horizont (Einl. §. 8) eines jeden Beobachters immer durch den Fußpunkt desselben geht, so wird auch dieser Horizont, der in der ersten Hypothese *fest* war, jetzt *beweglich* seyn, und sich mit dem Beobachter und mit der ganzen Erde selbst von West nach Ost drehen müssen.

Sey O (Fig. 5) der Mittelpunkt der Erde mm'm'' und CBAabc der sie umgebende Himmel; bewegt sich der Himmel von Ost nach West in der Richtung CAc um die ruhende Erde, so sieht der ebenfalls *ruhende* Beobachter m über seinen *festen* Horizont Aa diejenigen Sterne des Himmels, welche bei A stehen, aufgehen, während ihm die bei a eben untergehen. Nach einiger Zeit hat sich der Himmel von der linken zur rechten Hand gedreht, so daß der Punkt B nach A gestiegen und der Punkt b nach a gefallen ist, und daß daher, für den Beobachter in m jetzt diejenigen Sterne aufgehen, welche bei B stehen, und dafür die

Digitized by Google

bei b, welche vorhin noch in beträchtlicher Höhe über dem Horizont standen, untergehen. Bald darauf werden die Sterne bei C auf die bei c untergehen u. s. w. — Bewegt sich aber die Erde von West nach Ost in der Richtung mm'm'', so dreht sich mit ihr auch der Beobachter sowohl, als sein Horizont, da der letzte immer durch den Fußpunkt des Beobachters geht und in diesem Fußpunkte die Oberfläche der Erde berührt. Denkt man sich diesen Horizont bis an die Oberfläche des Himmels erweitert, so wird er, wenn der Beobachter in m ist, durch den Punkt A und a des Himmels gehen, oder die Sterne bei A werden ihm aufzugehen, jene bei a aber unterzugehen scheinen. Nach einiger Zeit hat sich die Erde, und mit ihr der Beobachter, von m nach m' gedreht, und der Horizont des Beobachters wird jetzt die Lage Bb annehmen. Der Horizont wird sich also in der Zwischenzeit auf der Ostseite von A nach B entfernt, und die Sterne bei a, die uns vorhin eben aufzugehen schienen, werden nun schon hoch über dem östlichen Horizonte m'B stehen, während die Sterne bei a, die vorhin untergiengen, jetzt schon tief unter dem neuen westlichen Horizont m'b stehen und unsichtbar sind, indeß die Sterne bei b, die vorhin noch beträchtlich hoch standen, eben untergehen. Bald darauf kömmt der Beobachter mit seiner beweglichen Erde nach m'' und sein Horizont nach Cc, wo ihm dann die Sterne bei C auf und jene bei c untergehen u. s. f. — So wie also dort der Himmel sich um den festen Horizont von Ost nach West bewegte, so bewegt sich hier der veränderliche Horizont von West nach Ost um den festen Himmel, und so wie dort die sichtbaren Sterne von dem festen östlichen Horizonte sich entfernen oder höher steigen und dem westlichen sich nähern, so entfernt sich hier der bewegliche östliche Horizont von seinen Sternen, die daher auch zu steigen scheinen, während sich der westliche Horizont den auf der Westseite liegenden Sternen nähert, und sie dadurch ihrem Untergange immer näher bringt.

Beide Hypothesen stellen also die Erscheinung, die dadurch erklärt werden soll, gleich gut und vollständig dar, und so lange es bloß um diese Darstellung der äußeren Erscheinung zu thun ist, so hängt auch die Wahl zwischen beiden bloß von unserer Willkühr ab, da keine derselben einen Vorzug vor der andern hat, und nichts in ihnen selbst liegt, was uns zu der Annahme der einen oder der andern vorzugsweise bestimmen könnte.

§. 16. (Innere Wahrscheinlichkeit der Rotation der Erde. I. Aus der Geschwindigkeit.) Allein verhält es sich ebenso mit den inneren Wahrscheinlichkeiten dieser beiden Voraussetzungen? — Dort bewegt sich der Himmel, während wir in gemächlicher Ruhe stille sitzend zusehen: hier aber lassen wir den Himmel ruhen, während wir mit unserer Kugel uns um uns selbst drehen, und zwar mit einer in der That sehr großen Geschwindigkeit, die unter dem Aequator volle 225 Meilen in einer Stunde beträgt. Wer von uns hat aber von dieser Geschwindigkeit, mit welcher wir alle täglich um den Mittelpunkt der Erde fahren sollen, auch nur das Geringste bemerkt? Wer wird also auch für diese zweite Hypothese stimmen und dafür nicht gleich auf den ersten Blick die andere für die unendlich wahrscheinlichere, für die allein wahre erklären.

Auf den ersten Blick allerdings. — Allein die Sache ist doch wohl auch eines zweiten Blickes und überhaupt einer näheren Betrachtung werth.

Was zuerst diese Geschwindigkeit der Erde betrifft, so werden wir bald mit noch viel größeren Geschwindigkeiten in der Natur bekannt werden, gegen welche diese, so groß sie auch manchem erscheinen mag,

Digitized by Google

beinahe gänzlich verschwindet. Diese Geschwindigkeit der Erde ist eben nicht viel größer, als die des Schalles, der nach den neuesten Versuchen in einer Minute 2.724 Meilen zurücklegt, während ein Punkt des Aequators der Erde in dieser Zeit durch 3.75 M. geht. Ja weiter vom Aequator, wird diese Geschwindigkeit der Erde noch beträchtlich kleiner, weil die Parallelkreise der Erde, in deren Ebene jene Bewegung der Erde vor sich geht, in größeren Entfernungen von dem Aequator, wie wir oben gesehen haben, ebenfalls immer kleiner werden (§. 24). So bewegt sich Wien, welche Stadt in dem Parallelkreise liegt, dessen Breite 48 Grade beträgt (§. 23), in einer Minute durch 2.50 M., Petersburg aber in der Breite von 60 Graden nur durch 1.87 M. und noch näher bei den beiden Polen der Erde wird endlich diese Bewegung so klein, daß man sie beinahe für eine absolute Ruhe halten kann.

Welche ganz andere Geschwindigkeiten aber werden wir erhalten, wenn wir, gar zu sehr auf die Ruhe unserer Erde bedacht, dafür den ganzen Himmel um sie in Bewegung setzen wollen. Der Mond z. B. ist, wie wir später sehen werden, nahe 52000 Meilen von uns entfernt, also müßte er, wenn er seine Bahn um die Erde von 326730 Meilen in 24 Stunden vollendet, in jeder Minute 227 Meilen zurücklegen, also über sechzigmal geschwinder gehen, als jener schnellste Punkt des Erdäquators. Die Sonne aber, welche gegen 21 Millionen Meilen von der Erde entfernt ist, müßte in jeder Minute 90000 Meilen zurücklegen, also über 24000 Mal geschwinder gehen, als jene Punkte der Erde. Und damit sind wir noch lange nicht an der Gränze dieser Geschwindigkeiten angekommen, da es Körper des Himmels gibt, deren Entfernung von der Erde, wie wir bald sehen werden, so groß ist, daß selbst diese ungeheure Distanz der Sonne von 21 Millionen Meilen nur als ein bloßer Punkt dagegen verschwindet. Mit welcher entsetzlichen, mit welcher unbegreiflichen Geschwindigkeit müßten diese Körper um unsere Erde geschleudert werden, und man bemerke wohl, zu welchem Zwecke müßten sie es? — Um uns in unserer Ruhe nicht zu stören. Als ob sie alle nur wegen uns und unserer Bequemlichkeit willen, da seyn sollten!

§. 17. (II. Aus der Größe der übrigen Weltkörper.) Nicht minder unbillig, ja unbescheiden wird uns diese Voraussetzung einer ruhenden Erde erscheinen, wenn wir bedenken, welche Massen wir dafür in Bewegung setzen wollen. Die Sonne ist so groß, daß man aus ihr gegen 1500000 solcher Kugeln, als unsere Erde ist, formen könnte, und doch soll dieser ungeheure Körper sich um einen $1^1/_2$ Millionen Mal kleineren bewegen, und zwar, wie wir gesehen, mit einer 24000 Mal größeren Geschwindigkeit, als diese Erde selbst sich drehen müßte. Und wie viele Tausende von eben so großen und wohl noch größeren Körpern finden wir am Himmel, von welchen allen dieselbe höchst unwahrscheinliche Voraussetzung gelten müßte: daß das Große sich um das viel Kleinere, daß der ganze Himmel mit allen seinen zahllosen Gestirnen, deren Größe eben so unbegreiflich ist, als ihre Entfernung, sich um diese kleine Kugel, um einen Punkt bewegen soll, der gegen das übrige Weltall als ein wahres Nichts verschwindet, und dieß alles bloß darum, weil wir uns nicht in unserer Ruhe stören lassen wollen, und weil dieser Punkt unser Wohnort ist, dessen Existenz vielleicht den Bewohnern jener unzähligen und von ihm so weit entfernten Himmelskörpern nicht einmal bekannt seyn mag.

§. 18. (III. Aus der Gleichförmigkeit der Bewegung so vieler Himmelskörper.) Und welcher Art ist diese Bewegung, in welcher wir alle diese Körper um unsere Erde führen wollen? — Eine ganz gleichför-

Digitized by Google

mige. Alle, die kleinen wie die großen, die nahen wie die fernen, alle sollen sich genau in derselben Zeit, in vier und zwanzig Stunden, um uns bewegen. Welches auch die unbegreifliche Kraft der Erde seyn mag, so unglaubliche Erscheinungen hervorzubringen, so müßte sie doch, den Gesetzen der Mechanik gemäß, auf die ihr näheren Körper anders wirken als auf die entfernten, während sie im Gegentheile hier alle gleich betheilt, und auf den uns nahen Mond nicht anders als auf die Billionenmal weiter entfernten Fixsterne wirkt. Alle, ohne Ausnahme, werden von dieser Kraft mit einer Regelmäßigkeit in dem Weltraume fortgeführt, daß auch nicht einer derselben eine Secunde zu früh oder zu spät kömmt, als ob ihre ganze Bestimmung nur die wäre, unsere Uhren zu reguliren, und uns das alle Nächte wiederkommende Schauspiel ihrer einförmigen Prozession aufzuführen.

§. 19. (IV. Aus dem Mangel des Mittelpunkts dieser Bewegung.) Ja, diese abenteuerliche Kraft der Erde zugegeben, wo sollen wir den eigentlichen Sitz derselben aufsuchen? Doch wohl in dieser Erde selbst und zwar in dem Mittelpunkte derselben. — Aber die tägliche Rotation des Himmels geht ja nicht eigentlich um den Mittelpunkt der Erde, sondern, wie wir gesehen haben, um die Axe derselben, oder sie geht in parallelen Kreisen vor sich, deren Mittelpunkte alle in dieser Axe (§. 24), in einer geraden Linie, liegen, von welchen nur der kleinste Theil mit der Erde selbst zusammenfällt, während die beiden übrigen Seiten derselben sich bis an den endlosen Himmelsraum erstrecken. Die Kraft, welche jeden Stern in seinem Parallelkreise treibt, muß doch wohl in dem Mittelpunkte dieses Kreises liegen. Allein dieser Mittelpunkt ist bei den meisten Sternen ganz außer der Erde und in einer Entfernung von ihr, gegen die sie selbst als ein bloßer Punkt verschwindet. Dieser Mittelpunkt des Kreises, dieser Sitz jener sonderbaren Kraft ist also ein bloß imaginärer, ein ganz leerer Punkt im Weltraume. Und da sich, wie wir gesehen haben, diese Sterne immer langsamer bewegen, je näher sie den beiden Polen kommen, so fordert auch jeder von ihnen eine eigene, immer abnehmende Kraft, und der Sitz aller dieser so äußerst verschiedenen Kräfte, zu beiden Seiten der Erde, in's Unendliche hin, ist eine bloß eingebildete, durch nichts bezeichnete, gerade Linie. — Solchen Unwahrscheinlichkeiten, solchen Widersprüchen müßten wir uns aussetzen, bloß um unsere eigene, so theuer gewordene Ruhe zu retten. Denn wie wir uns entschließen, anzunehmen, daß wir es sind, die wir uns, samt unserer Erde, täglich um ihre Axe bewegen, so fallen sofort alle jene, früher so unbegreiflichen Einwürfe weg, und das ganze, erst so räthselhafte Phänomen, steht nun in seiner Ursache rein und klar vor unseren Augen. Wenn wir daher nicht wieder zu dem krystallenen Himmel der Alten unsere Zuflucht nehmen und mit ihnen voraussetzen wollen, daß alle Gestirne an einer soliden Kugelschale, wie Diamantnägel an einem schwarzen Sammtgewölbe, befestigt sind, eine Annahme, die mit allen unseren Beobachtungen über die Entfernung der Himmelskörper im directen Widerspruche steht, und die wir auch schon wegen der beweglichen Gestirne, die wir bald näher kennen lernen werden, als ganz unzulässig von uns weisen müssen, — wenn wir, sage ich, noch Sinn für Wahrheit und für Ueberzeugung durch Vernunftgründe haben wollen, so bleibt nichts übrig, als die Hypothese von der Ruhe der Erde als unstatthaft zu verwerfen, und dafür jene andere Voraussetzung, von der täglichen Bewegung derselben um ihre Axe, als die einzig wahre anzuerkennen.

Wenn aber das Vorhergehende nur von der Unzulässigkeit der Ruhe der Erde zeugt, also gleichsam nur als ein negativer Beweis für die Be-

Digitized by Google

wegung derselben anzunehmen ist, so fehlt es uns demungeachtet auch nicht an unmittelbaren, positiven Beweisen derselben, und diese sind es, die wir hier noch näher betrachten wollen.

§. 20. (V. Aus dem Falle der Körper von größeren Höhen.) Es ist allgemein bekannt (Einl. §. 8. I.), daß alle Körper, wenn sie ihrer Unterstützung beraubt werden, senkrecht auf die Oberfläche der Erde, oder in der Richtung gegen den Mittelpunkt derselben herabfallen. Für geringe Höhen, z. B. fünfzig oder hundert Fuß, ist dieß auch in der That den Erfahrungen oder den darüber angestellten Beobachtungen vollkommen gemäß, wie es auch nach den ersten Grundsätzen der Mechanik seyn muß, wenn die Erde keine Rotation um sich selbst hat. Allein bei einer um ihre Axe rotirenden Erde wird dieß nicht mehr der Fall seyn. In der That hat man auch diese Beobachtungen, so lange man sie nicht mit der gehörigen Schärfe anstellte, als einen directen Einwurf gegen die Umdrehung der Erde angesehen, und selbst Riccioli und Tycho ließen sich zu diesem Fehlschlusse verleiten. Sie meinten nämlich, daß ein z. B. von der Spitze eines Thurmes fallender Stein, bei einer gegen Ost rotirenden Erde, nicht mehr an dem Fuße des Thurmes oder senkrecht unter seinem Abgangspunkte, sondern daß er westlich vom Thurme zur Erde fallen müßte, weil der Thurm während des Falles des Steines durch die Bewegung der Erde weiter gegen Ost vorgerückt wäre. Da aber dieses den bisher darüber angestellten Erfahrungen entgegen war, so hielt man, eben durch diese Erfahrungen, die Umdrehung der Erde als vollkommen widerlegt. Mersenne und Montier stellten darüber eigene Versuche mit Kugeln an, welche sie aus senkrecht in die Erde gegrabenen Kanonen in die Höhe steigen ließen. Allein Experimente dieser Art können keine Genauigkeit gewähren, da die Kugel nicht in allen Punkten der Kanonenröhre gleich fest anliegt. Auch entsprachen die Resultate derselben keineswegs den gehofften Erwartungen, indem einige dieser Kugeln weit südwestlich, die anderen noch weiter östlich an der Mündung niederfielen, und einige derselben gar nicht mehr gefunden werden konnten.

Erst Newton hatte von dieser Sache, wie von so vielen anderen, zuerst die richtigen Begriffe aufgestellt, und selbst dieser große Mann erkannte sie, wenigstens anfangs, nicht ganz in ihrem wahren Lichte. Es war am 28. November 1679, wo er an Hooke, Secretär d. k. Societät der Wissenschaften in London, schrieb, daß er ein Mittel gefunden habe, die Umdrehung der Erde durch unmittelbare Beobachtungen, deren man bisher entbehrt hatte, zu beweisen, und er schlug zu diesem Zwecke die Beobachtungen des Falles kleiner und sehr dichter Körper aus sehr beträchtlichen Höhen, z. B. von der Spitze eines Thurmes, vor. Hat die Erde, setzte er hinzu, keine Bewegung in sich selbst, so werden jene Körper in einer senkrechten Linie zur Erde fallen. Hat sie aber, wie man bisher aus anderen Gründen mit Recht voraussetzte, eine Bewegung gegen Osten, so muß der fallende Körper am Ende seines Falles eine Abweichung von der senkrechten Linie, und zwar gegen Osten (nicht, wie man früher glaubte, gegen Westen) zeigen. Wenn nämlich die Erde sich um ihre Axe dreht, so müssen auch alle zur Erde gehörigen Körper, also auch die Luft, die sie umgibt, und der Stein, den wir aus der Hand fallen lassen, an dieser Umdrehung der Erde Theil nehmen, so daß also der Stein, während seines Falles, zugleich eben die Bewegung nach Osten haben wird, wie die Thurmspitze, von welcher er gefallen ist. Diese Spitze hat aber eine schnellere Bewegung nach Osten, als der Fuß des Thurmes, weil sie in größerer Entfernung von dem Mittelpunkte

Digitized by Google

der Erde ist, also auch einen größeren Kreis um denselben beschreibt, als der dem Mittelpunkte nähere Fuß des Thurmes. Da also der Stein diese schnellere Bewegung nach Osten während seines Falles beibehält, so wird er auch, wenn er die Erde erreicht, einen größeren Weg nach Osten zurückgelegt haben, als der Fuß des Thurmes, und daher östlich von diesem Fuße niederfallen.

Die königliche Gesellschaft, welcher Newton's Schreiben vorgelegt wurde, setzte einen großen Werth auf die darin vorgetragenen Ideen und trug ihrem Secretär auf, darüber unmittelbare Experimente anzustellen. Hooke war nicht nur ein Mann von ausgezeichnetem mathematischen Talente, sondern auch ein ganz vorzüglicher Beobachter, daher es ihm auch gleich bei der ersten Betrachtung des Gegenstandes, dessen Ausführung ihm überlassen war, nicht entging, daß Newton's Darstellung nicht vollständig sey, und daß, wenn die Erde in der That rotire, der Stein nicht bloß eine Abweichung gegen Osten, sondern auch, wenigstens außer dem Aequator, noch eine, obschon geringe, Abweichung gegen Süden zeigen müsse.

Newton bezeugte sofort die Richtigkeit dieser Bemerkung in seiner Antwort an Hooke, und bemerkte zugleich, daß, wie seine weiteren Rechnungen über diesen Gegenstand zeigen, die Bahn des fallenden Körpers bei der rotirenden Erde eine Spirale sey. Allein auch diese Erweiterung fand Hooke unrichtig, indem er aus seinen mit großer Umsicht gestellten Rechnungen folgerte, daß jene Bahn des fallenden Körpers im freien Raume eine Ellipse ist. Diese Bemerkung kann für uns in doppelter Rücksicht interessant seyn, weil sie es war, die Newton später auf die Entdeckung der allgemeinen Schwere leitete, und weil wir daraus zu unserem Troste lernen mögen, daß auch Männer dieser Art zuweilen fehlen können.

Hooke's Versuche führten übrigens zu keinem entscheidenden Resultate, weil er seine Fallhöhen viel zu gering genommen hatte. Im Jahr 1791 wiederholte Gulielmini dieselben Versuche auf dem Thurme Asinelli in Bologna, der eine Fallhöhe von 241 Fuß darbot; allein auch diese Versuche gelangen nicht, weil der Luftzug im Innern des Thurmes einen störenden Einfluß darauf hatte. Eigentlich war ein solcher Beweis überflüssig, da die Sache bereits über alle Zweifel erhoben war, und da man, wie wir bald sehen werden, andere, nicht minder directe Versuche, die als vollkommen genügend gelten konnten, schon früher angestellt hatte.

Dessenungeachtet übernahm es noch Benzenberg im J. 1802, dasselbe Experiment auf dem Michaelisthurme in Hamburg und in dem Kohlenschachte zu Schlebusch, in der Grafschaft Mark, zu wiederholen. Er fand, an dem ersten dieser Orte, bei einer Fallhöhe von 235 Fuß eine östliche Abweichung von 4 Par. Linien, und an dem zweiten bei einer Fallhöhe von 260 Fuß eine Abweichung von nahe 5 Linien nach Osten, welche beide Resultate nahe genug mit der darüber aufgestellten Theorie übereinstimmten. Nach dieser sollte nämlich in Hamburg die östliche Ausweichung 3.873 Par. Linien, also nur 0.122 Linien weniger betragen, als die Beobachtung gab. Die oben erwähnte südliche Declination ist, jener Theorie zufolge, für eine Fallhöhe von 235 Fuß nur 0.0005 einer Linie, also ganz unmerklich, wie denn auch Benzenberg keine solche Abweichung gegen Süden gefunden hat. Für größere Fallhöhen würden jene Abweichungen viel beträchtlicher seyn. So wäre z. B. für eine Fallhöhe von 10000 Fuß, die nahe der Höhe des Aetna gleich

Digitized by Google

ist, die Declination gegen Osten volle 1076 Par. Linien, oder 7 Fuß 5 Zoll 8 Linien, während auch hier die südliche Abweichung noch sehr klein seyn und nur 0.88 Linien betragen würde.

§. 21. (VI. Aus der Centrifugalkraft der Erde.) Sollte aber diese Umdrehung der Erde um ihre Axe, die doch so schnell ist, daß jeder Punkt des Aequators in nahe 16 Secunden schon eine deutsche Meile zurücklegt, nicht irgendwo auf der Oberfläche derselben Spuren hinterlassen, an welchen man sie erkennen, und von welchen man daher, als von beobachteten Wirkungen, auf die Ursache derselben, auf die Rotation der Erde selbst, wieder zurückschließen könnte? — Es ist bekannt, daß, wenn ein Körper schnell in der Peripherie eines Kreises herumgetrieben wird, alle Theile desselben ein Bestreben äußern, sich von dem Mittelpunkte desselben zu entfernen. Dieses Bestreben, das man die Schwungkraft, oder die Centrifugalkraft der rotirenden Körper genannt hat, diese Kraft ist es, welche das Band einer geschwungenen Schleuder spannt, und den Stein in derselben zurückhält, so daß er, selbst wenn er in seinem Schwunge senkrecht über uns und ohne Unterstützung ist, nicht zur Erde herabfallen kann. Wenn wir eine an einem Faden befestigte Kugel schnell im Kreise herumführen, so wird der Faden dadurch gespannt und endlich sogar zerrissen, wenn die Bewegung der Kugel zu schnell wird. Wenn wir einen zum Theil mit Wasser gefüllten Eimer an eine verticale Schnur hängen, so steht, so lange der Eimer in Ruhe bleibt, die Oberfläche des Wassers in demselben vollkommen horizontal. Sobald aber der Eimer um seine immer verticale Schnur, als um eine Axe gedreht wird, erhebt sich das Wasser, da es wegen der entgegenstehenden Wände des Gefäßes nicht entfliehen kann, an den Wänden des Eimers immer mehr, je schneller die Bewegung wird, während die früher horizontale Oberfläche desselben in seiner Mitte sich vertieft und concav wird. Eine sehr schnelle Bewegung des Eimers um seine Schnur wird endlich alles Wasser über die Wände des Eimers heraustreiben und denselben ganz trocken machen. Bringt man an die Stelle des Eimers eine ebene, mit Sand bedeckte, horizontale Scheibe, die an der verticalen Schnur befestigt ist, und dreht man die Scheibe schnell um die Schnur, so wird der auf ihr liegende Sand sofort in Bewegung kommen, sich immer weiter von der Schnur, d. h. vom Mittelpunkte der Scheibe, entfernen, und endlich ganz von ihr wegfliegen. — Wenn man einen kreisrunden, elastischen Ring an einen Stift steckt, der in der Ebene dieses Ringes durch den Mittelpunkt desselben geht, und wenn man dann den Ring schnell um den Stift, als um seine Axe, dreht, so wird der anfangs kreisförmige Ring sogleich eine ovale oder elliptische Gestalt annehmen, indem diejenigen Theile desselben, die am weitesten von dem Stifte abstehen, also die schnellste Drehung erleiden, sich auch am meisten von der Drehungsaxe zu entfernen streben, während die dem Stifte näheren Theile, wegen ihrer geringeren Bewegung, auch dieses Bestreben sich von ihm zu entfernen, in einem geringeren Maße äußern, bis endlich die beiden Pole des Ringes, durch welche die Axe geht, und die gar keine Bewegung erleiden, auch von jener Kraft nicht weiter afficirt werden. Wenn man endlich eine weiche Kugel von nassem Thone auf die Töpferscheibe bringt und die Scheibe rasch umdreht, so sinkt sofort der höchste Punkt, der eine Pol der rotirenden Kugel, näher zur Scheibe, oder zu dem Mittelpunkte der Kugel, während die Theile derselben um den Aequator sich immer mehr aufblähen und von dem Mittelpunkte sich entfernen, so daß endlich die Kugel die Gestalt einer Pomeranze oder eines an seinen beiden Polen eingedrückten oder

Digitized by Google

abgeplatteten Körpers annimmt, den man ein Sphäroid oder ein Ellipsoid zu nennen pflegt.

Ganz dasselbe wird nun auch unserer Erde widerfahren, wenn sie sich in der That um ihre Axe dreht und wenn dabei vorausgesetzt wird, daß die Masse, aus der sie besteht, wenigstens anfangs flüssig, oder doch weich genug war, um einem größeren auf sie geäußerten Drucke nachzugeben. Diese Voraussetzung ist aber längst schon außer Zweifel gesetzt, und die Menge versteinerter Seethiere auf unseren höchsten Gebirgen, so wie die Lage und Form der verschiedenen Schichten, aus welchen die Oberfläche der Erde besteht, sind eben so viele Urkunden, auf welchen die Natur mit unvergänglichen Charakteren jenen ursprünglich flüssigen Zustand unserer Erde bezeichnet hat.

§. 22. (VII. Aus der Abplattung der Erde.) Wenn aber alles dieses so ist, wo sind denn jene Spuren, welche die Rotation der Erde auf ihrer Oberfläche zurückgelassen haben soll? — Es ist wahr, wir haben bisher die Gestalt unserer Erde kugelförmig gefunden, denn so stellen sie in der That die Beobachtungen vor, deren wir oben umständlich erwähnt haben. Allein jene Beobachtungen sind, wenn wir sie genau betrachten, alle der Art, daß sie keiner hohen Schärfe fähig sind, und daher die Gestalt der Erde nur im Allgemeinen zeigen, so daß wir uns gleichsam schon begnügen mußten, zu sehen, daß diese Gestalt jener einer vollkommenen Kugel wenigstens sehr nahe komme, ungeachtet der kleinen, und jetzt vielleicht noch ganz unmerklichen Abweichungen, welche wir später, wenn wir den Gegenstand genauer untersuchen werden, etwa noch daran finden könnten. Es ist dieß einer der Fälle, die so oft in der Astronomie und in allen denjenigen Wissenschaften vorkommen, die nicht, wie die Geometrie oder die Metaphysik, aus selbstgeschaffenen, oder aus uns angeborenen Ideen entstehen, sondern die auf Gegenständen außer uns und auf Experimenten beruhen, die wir mit ihnen anstellen müssen, um sie in allen ihren Verhältnissen unter einander zu erkennen. Diese Verhältnisse sind meistens zu verwickelt, um sie sogleich nach allen ihren Beziehungen zu übersehen, und es ist daher nicht nur nothwendig, zuerst bloß das Allgemeine der Erscheinung aufzufassen und sie gleichsam nur im Rohen darzustellen, und die weitere, feinere Ausbildung derselben eigenen, späteren Untersuchungen vorzubehalten, sondern es ist zugleich eines der sichersten Kennzeichen des höheren Talentes, gleich Anfangs die entscheidenden Merkmale, die Hauptmomente seines Gegenstandes, zu ergreifen, und sogleich auf sein Ziel loszugehen, ohne sich von den ihn gewöhnlich begleitenden Nebenumständen irre machen zu lassen.

Eben so wurde auch hier verfahren. Es mochte dem ersten, der über die Gestalt der Erde nachgedacht hat, vielleicht schwer genug gefallen seyn, sich von dem bisher von Niemand bezweifelten Vorurtheile einer durchaus ebenen Erde zu befreien, und sie wenigstens im Allgemeinen als eine große Kugel zu erkennen; aber es würde ihm ohne Zweifel noch viel schwerer, wo nicht ganz unmöglich gewesen seyn, die wahre Gestalt dieser Erde mit allen ihren kleinen Abweichungen von der Kugelform zu erkennen. Man begnügte sich Jahrhunderte durch mit der Voraussetzung, daß sie eine Kugel sey, und sie genügte auch vollkommen für den gesammten Zustand der astronomischen Kenntnisse jener Zeiten. Als aber später die Theorie sowohl, als auch die eigentliche beobachtende Astronomie und die Verfertigung der neuen Instrumente so große Fortschritte gemacht hatte, wurde das Bedürfniß, die genaue Kenntniß unseres Wohnortes zu erlangen, immer dringender, bis man endlich seit dem

Digitized by Google

Anfange des achtzehnten Jahrhunderts neue Methoden zu diesem Zwecke entworfen, und mit vielem Aufwande an Zeit und Kosten auch in der That ausgeführt hat. Seit dieser Zeit hat man in allen Welttheilen und mit der größten Schärfe eigentliche, unmittelbare Messungen der Erde vorgenommen, und dadurch nicht nur die Größe, sondern auch die Gestalt derselben auf das Genaueste zu bestimmen gesucht. Die Resultate dieser Vermessungen vereinigen sich dahin, daß die Erde allerdings, wie man bisher angenommen hat, einer Kugel sehr ähnlich, aber doch keine eigentliche Kugel im strengsten geometrischen Sinne des Wortes, sondern daß sie ein Körper ist, der durch die Umdrehung einer dem Kreise sehr nahen Ellipse um ihre kleine Axe, entsteht. Nach den neuesten Bestimmungen fand man im Mittel aus allen jenen Beobachtungen, daß die halbe kleine Axe dieser Ellipse oder die Entfernung des Mittelpunktes der Erde von jedem ihrer Pole 856.55, und daß die halbe große Axe der Ellipse oder der Halbmesser ihres vollkommen kreisförmigen Aequators 859.44 geogr. Meilen beträgt, wo die geographische Meile gleich dem fünfzehnten Theile eines Grades von dem Umfange des Erdäquators oder gleich 22841.8 Par. Fuß angenommen wird. Demnach hat also die Erde in der That an ihren beiden Polen eine Abplattung von nahe drei Meilen, und diese Abplattung gibt uns nicht nur einen directen Beweis für die Existenz der Rotation der Erde, sondern sie bestätigt auch im Allgemeinen die Richtigkeit unserer früheren Voraussetzung, nach welcher die Erde einer vollkommenen Kugel wenigstens sehr ähnlich ist, da die äußerst geringe Abplattung der Erde nur den 286sten Theil ihres Halbmessers beträgt, eine Größe, die wir auch bei unseren besten Globen noch nicht mit freiem Auge unterscheiden können, und die daher auch, selbst bei unseren besten und größten Landkarten, als eine ganz verschwindende Größe nicht weiter berücksichtigt wird.

§. 23. (Verschiedenheit der Schwere auf der Erde.) Wir alle wissen, daß die Körper auf der Oberfläche der Erde, wenn sie ihrer Unterstützung beraubt werden, in einer senkrechten Richtung gegen diese Oberfläche fallen, und daß sie unter dem Aequator am Ende der ersten Secunde durch diesen Fall eine Geschwindigkeit erhalten, vermöge welcher sie, wenn sie diese Geschwindigkeit auch ferner beibehielten, in jeder folgenden Secunde einen Raum von 30.1028 Par. Fuß zurücklegen würden. Welches immer die Ursache dieser Bewegung seyn mag, man wird sie in der Erde selbst und zwar, da sie gegen den Mittelpunkt derselben gerichtet ist, in diesem Mittelpunkte suchen müssen; man wird sie gleichsam als eine Kraft darstellen können, welche in diesem Mittelpunkte der Erde ihren Sitz hat, und welche von da aus alle Körper an sich zu ziehen sucht. Man nennt sie daher die Anziehungskraft der Erde, oder auch mit einem gewöhnlichen Worte, die Schwere derselben.

Diese Schwere der Erde ist also unter dem Aequator, wenigstens in ihrer Richtung, der oben betrachteten Centrifugalkraft derselben gerade entgegengesetzt, da beide Kräfte in der Ebene des Aequators, und zwar in der Richtung des Halbmessers der Erde, in welchem der fallende Körper ist, liegen, und da die erste den Körper zu dem Mittelpunkte der Erde herabzieht, während die zweite ihn, wie wir so eben gesehen haben, davon zu entfernen strebt, so daß also, durch die Centrifugalkraft, die Schwere der Erde vermindert, oder daß die Schwere, bei einer um ihre Axe rotirenden Erde kleiner wird, als sie bei einer nicht rotirenden seyn würde.

Wenn man aber den Halbmesser eines Kreises, und überdieß die Zeit seiner Rotation kennt, so ist es, aus den ersten Grundsätzen der

Digitized by Google

Mechanik sehr leicht, die daraus entstehende Centrifugalkraft jedes Punktes seiner Peripherie zu finden. Diese ist nämlich gleich der Zahl 39.4784 multiplicirt mit dem Halbmesser des Kreises und dividirt durch das Quadrat seiner Umlaufszeit. Der Halbmesser des Aequators ist nach dem vorhergehenden 859.4 Meilen, oder in runder Zahl 19630000 Par. Fuß und die Umlaufszeit desselben oder die Länge des Tages ist nahe 24 Stunden oder 86400 Secunden, woraus man leicht die Centrifugalkraft gleich 0.104 Par. Fuß findet, d. h. wenn die Erde nicht um ihre Axe rotirte, so würde die jetzt beobachtete Schwere derselben am Aequator, die nach dem vorhergehenden 30.1028 Par. Fuß beträgt, um 0.104 Fuß größer, oder sie würde 30.2068 Fuß betragen.

Der Unterschied dieser Schweren bei der ruhenden und bei der bewegten Erde ist, wie man sieht, nicht eben sehr bedeutend, da er nur $^1/_{289}$ der in der That beobachteten Schwere beträgt. Die Ursache dieser geringen Differenz ist die noch immer langsame Bewegung der Erde. Wenn aber die Geschwindigkeit ihrer Rotation größer, oder mit anderen Worten, wenn die Länge unseres Tages kürzer wäre, so würde dadurch die Centrifugalkraft der Erde größer und endlich so groß, als die Schwere selbst, werden können. Der letzte Fall würde eintreten, wenn unser Tag nahe 17 Mal kürzer wäre, oder wenn er statt 24 Stunden nur $1\,^4/_{10}$ unserer gegenwärtigen Stunden betrüge. Dann würden also die Körper, wenn sie unter dem Aequator sich selbst überlassen werden, nicht mehr zur Erde fallen, sondern in jedem Punkte über der Erde frei stehen bleiben, ohne weiter einer Unterstützung zu bedürfen. Eine nur noch etwas vermehrte Geschwindigkeit der Rotation der Erde würde endlich alle Körper auf ihr, wenn sie nicht an ihrer Oberfläche befestigt sind, von derselben entfernen, oder die Körper würden dann, etwa wie jetzt ein unter dem Wasser eingetauchter Kork, frei von der Erde wegsteigen, so wie sie jetzt, wenn sie nicht unterstützt werden, zu ihr hinfallen.

Diese Schwungkraft aber, welche die Schwere der Körper am Aequator um $^1/_{289}$ vermindert, wird schwächer, je weiter man sich auf der Oberfläche der Erde von dem Aequator zu beiden Seiten desselben entfernt. Ihre Richtung liegt nämlich, wie bereits gesagt wurde, für jeden Punkt der Erde, in der Ebene des Parallelkreises dieses Punktes, und ist dem Halbmesser dieses Parallelkreises proportionell.

Je kleiner daher mit der Annäherung zu den beiden Polen die Parallelkreise der Erde werden, desto kleiner wird auch die Schwungkraft, und an den beiden Polen selbst verschwindet sie gänzlich, weil dort auch die Halbmesser der Parallelkreise verschwinden. An den beiden Polen ist daher die beobachtete Schwere gleich 30.2068 Fuß, oder so groß, als sie bei einer nicht rotirenden Erde auf allen Punkten ihrer Oberfläche seyn würde.

Während aber die Schwungkraft von dem Aequator zu den Polen wie die Halbmesser der Parallelkreise abnimmt, nimmt die Schwere der Erde nicht in demselben Verhältnisse zu. Dieß würde nur dann der Fall seyn, wenn diese beiden Kräfte in ihren Richtungen einander immer entgegengesetzt wären. Allein das sind sie nur am Aequator, wo die eine Kraft, die Schwere, die Körper senkrecht abwärts, und die andere, die Schwungkraft, dieselben ebenfalls senkrecht aufwärts treibt.

In allen übrigen Punkten der Erdoberfläche aber bilden diese beiden Richtungen immer größere Winkel, je näher man gegen die Pole zu geht, weil die Richtung der Schwere, ihrer Natur nach, gegen den Mittelpunkt, also überall senkrecht auf die Oberfläche der Erde, wirkt, wäh-

Digitized by Google

rend die der Schwungkraft in der Ebene des Parallelkreises liegt, der nicht durch den Mittelpunkt der Erde geht. Die Folge davon ist, daß die Schwere der Erde nicht bloß im Verhältnisse der Halbmesser der Parallelkreise, sondern daß sie langsamer vermindert wird, d. h., daß sie gegen die Pole zu schneller wächst, weil sie nämlich nicht durch die ganze Schwungkraft, wie am Aequator, sondern, wegen der schiefen Lage derselben, nur um einen Theil dieser Schwungkraft vermindert wird. Da aber diese Theile sich ebenfalls wie die Halbmesser der Parallelkreise verhalten, so nimmt auf der um ihre Axe rotirenden Erde die immer gegen ihren Mittelpunkt gerichtete Schwere zu, wie das Quadrat der Halbmesser der Parallelkreise.

Die folgende kleine Tafel gibt, für verschiedene Entfernungen vom Aequator oder für verschiedene Breiten, die Größe der daselbst Statt findenden Schwere, wie sie unmittelbar aus der vorhergehenden Betrachtung abgeleitet wurde:

Breite in Graden.	Schwere in Par. Fuß.
0	30.1028
20	30.1150
40	30.1458
60	30.1808
80	30.2037
90	30.2068

Allein diese Zahlen sind blos durch Rechnung gefunden worden, indem man die Rotation der Erde als bereits gegeben vorausseßte, und bloß auf theoretischem Wege die Folgen suchte, welche diese Rotation in Beziehung auf die Erscheinung der Schwere der Erde in verschiedenen Punkten der Oberfläche derselben haben würde. Wenn man daher auch diese Unterschiede der Schwere auf der Erde unmittelbar beobachten könnte, und wenn dann die Resultate dieser Beobachtungen mit den Ergebnissen der vorhergehenden Rechnung übereinstimmend gefunden würden, dann dürften wir auch diese Harmonie als einen ferneren, und zwar sehr schönen Beweis für die Umdrehung der Erde selbst betrachten. Allein wie sollen wir diese Schwere der Erde in verschiedenen Punkten ihrer Oberfläche messen?

§. 24. (Masse und Dichtigkeit der Körper.) Der Mittel dazu gibt es manche, aber sie sind nicht alle der Art, daß wir viel Gutes von ihnen zu hoffen hätten. Und hier begegnen wir einem andern Umstande, der nur zu oft in der Astronomie und überhaupt in allen Naturwissenschaften vorkömmt, und uns nicht selten in große Verlegenheit setzt. In der Mathematik und in anderen positiven Doctrinen ist es genug, einen Satz bewiesen oder ein gegebenes Problem richtig aufgelöst zu haben, um von der Wahrheit der Sache, die man sucht, überzeugt zu seyn, und so lange es nur um diese Wahrheit, als um die Hauptsache, zu thun ist, dürfen wir uns sehr wenig darum kümmern, ob die von uns gefundene Auflösung auch zugleich die einfachste, die kürzeste oder die eleganteste nach ihrer äußeren Form seyn mag, da es zu unserem Zwecke

Digitized by Google

vollkommen hinreicht, daß sie richtig ist. Nicht so verhält sich die Sache, wenn es sich um Experimente oder um Beobachtungen handelt, durch welche irgend ein Problem aufgelöst, ein Satz bewiesen, oder eine Erscheinung der Gegenstände außer uns erklärt werden soll. Diese Beobachtungen, durch welche hier die Sache ausgemacht werden soll, müssen mit unseren Sinnen, mit unseren Instrumenten angestellt werden. Allein unsere Sinne sind Irrthümern und Täuschungen, und unsere Instrumente, auch die vollkommensten, sind Fehlern unterworfen, und die Gegenstände, welche wir auf diese Weise untersuchen wollen, sind oft so klein oder so schwer aufzufassen, oder so sonderbar mit einander verwickelt, daß selbst geringe Fehler, die wir bei den Beobachtungen dieser Gegenstände begehen, die größten und schädlichsten Wirkungen auf die daraus abzuleitenden Resultate erzeugen können. Es kann daher hier nicht, wie bei andern Wissenschaften, genügen, irgend eine, wenn auch in der Theorie richtige, Methode zu geben, um dadurch ein Problem vermittelst Beobachtungen aufzulösen, sondern man muß auch zugleich der praktischen Sicherheit dieser Methode gewiß seyn, oder doch diejenigen Umstände, unter welchen sie mit Zuverläßigkeit angewendet werden kann, und die Folgen angeben, welche gegebene Beobachtungsfehler in den Resultaten, die man daraus ableiten will, hervorbringen können, ein Geschäft, das oft nicht weniger Umsicht und Scharfsinn erfordert, als die Auffindung der Methode selbst, und dessen oft nur zu häufige Vernachläßigung eine der Hauptursachen ist, warum mehrere Theile der Naturwissenschaften noch nicht denjenigen Grad der Vollkommenheit erreicht haben, den wir mit so großem Vergnügen an anderen Theilen bemerken, wo entweder diese praktischen Hindernisse geringer, oder die geistigen Kräfte derer, die sie zu entfernen suchten, größer gewesen sind.

Um dieses auf unsern Gegenstand anzuwenden, wo sich sogleich mehrere Beispiele zu dem oben Gesagten anbieten werden, müssen wir zuerst den Begriff des Wortes Schwere festsetzen. Wir haben bereits gesagt, daß man dadurch die Ursache andeutet, welche macht, daß die Körper auf der Oberfläche der Erde, wenn sie nicht unterstützt werden, senkrecht gegen diese Oberfläche herabfallen. Man sucht die Ursache mit vieler Wahrscheinlichkeit in einer Kraft, deren Sitz im Mittelpunkte der Erde ist, und welche alle Körper außer ihr, zu diesem Mittelpunkte anzieht. Demnach werden also eigentlich die Richtungen der Schwere in verschiedenen Punkten der Erdoberfläche alle gegen den Mittelpunkt derselben convergiren. Es ist ferner bereits durch Erfahrung bewiesen, daß diese Kraft der Erde in größeren Entfernungen von ihrer Oberfläche bedeutend abnimmt. Wenn man aber die ungemeine Größe der Erde gegen alle die Höhen über ihrer Oberfläche, in welche wir noch kommen, und auf welchen wir noch Beobachtungen anstellen können, erwägt, so wird man zuerst ohne merklichen Fehler für unsere Experimente, die Schwere als eine constante oder unveränderliche Kraft und die Richtung derselben durch die ganze Ausdehnung der unseren Beobachtungen unterworfenen Räume, als unter sich parallel, und auf der Oberfläche der Erde senkrecht oder als vertical annehmen können.

Man nimmt an, daß alle Körper der Natur aus unendlich kleinen Körpern oder aus Atomen bestehen, die ihrer Wesenheit und Gestalt nach unveränderlich und von einander durch Zwischenräume, Poren, getrennt sind, so daß jene Körper nur durch die Natur und durch das Verhältniß dieser Atome zu ihren Poren, verschieden sind. Diese Atome sind es, auf welche man sich die Kraft der Schwere der Erde als unmittelbar wirkend vorstellt, woraus dann sofort folgt, daß die Totalwirkung

Digitized by Google

der Schwere auf einen Körper von der Gestalt desselben ganz unabhängig ist. Diese Totalwirkung ist das, was man gewöhnlich das Gewicht des Körpers nennt. Dieses Gewicht P wird sich also überhaupt, wie die Intensität g der Schwere an jedem Orte der Erde, und für jeden besondern Körper, wie die Anzahl der in ihm enthaltenen Atome, d. h. wie die Masse M dieses Körpers verhalten, d. h. man wird die Gleichung $P = g M$ haben. Für verschiedene Körper wird die Masse M derselben desto größer seyn, je näher die verschiedenen Atome an einander liegen, oder je größer die Dichtigkeit D des Körpers ist, und je mehr Raum derselbe einnimmt, oder je größer das Volumen V des Körpers ist, wodurch man die Gleichung erhält $M = DV$. Auf diesen beiden Ausdrücken beruhen alle Vergleichungen, die man über das Gewicht, die Massen, und die Dichtigkeit der Körper anstellen kann.

§. 25. (Messungen der Schwere. I. Durch Waagen.) Da also, nach der ersten der vorhergehenden Gleichungen, für denselben Körper an verschiedenen Orten der Erdoberfläche das Gewicht oder der Druck desselben auf seine Unterlage, wie die Schwere an diesen Orten sich verhält, und da wir bereits wissen, daß sich die Schwere am Aequator zu der am Pole, wenn die Erde in der That rotirt, wie 289 zu 290 verhalten soll, so dürfen wir nur, um unsere Hypothese von der Bewegung der Erde zu prüfen, einen Körper, dessen Gewicht z. B. am Aequator 289 Pfunde beträgt, nach einem der beiden Pole bringen, und dort wieder abwägen, wo er dann genau um ein Pfund schwerer gefunden werden soll. — Allein dieses Verfahren, so einfach es ist, führt nicht zum Ziele, da hier an ein eigentliches Abwägen nicht weiter gedacht werden kann, weil das Gewicht in der einen Schale der Waage ganz ebenso, wie der abzuwägende Körper selbst, denselben Veränderungen der Schwere unterliegt, und also unter dem Pole ebenfalls um seinen 289sten Theil schwerer geworden ist, daher diese Methode als ganz unbrauchbar verworfen werden muß.

§. 26. (II. Durch Rollen.) Wenn man über eine, um ihren Mittelpunkt bewegliche Rolle einen Faden schlägt und in die Endpunkte desselben gleiche Gewichte hängt, so bleibt bekanntlich die Rolle, so wie die Gewichte selbst, in Ruhe, während bei der geringsten Verschiedenheit dieser Gewichte sogleich das schwerere herabsinkt, und das leichtere steigt. Dasselbe würde auch der Fall seyn, wenn man den Faden über mehrere horizontal neben einanderstehende Rollen gehen lassen wollte. Gesetzt also, wir hätten zwei solcher Gewichte, entweder auf der ersten dieser Rollen, oder auf einer sehr empfindlichen Waage auf das Genaueste abgeglichen, und wir errichteten dann eine Reihe von sehr hohen Rollen, die in abgemessenen Distanzen vom Aequator bis zu einem der Pole reichte. Wenn wir dann, über alle diese Rollen, einen Faden legten, und an seinen beiden herabhängenden Enden, vor der ersten Rolle am Aequator das eine, und nach der letzten aller dieser Rollen an dem Pole das andere Gewicht befestigten — würde nun, in dieser Lage der beiden gleichgroßen Gewichte, noch das Gleichgewicht bestehen? — Gewiß nicht, wenn anders unsere vorhergehende Theorie richtig ist, und die Erde sich in der That um ihre Axe bewegt. Das letzte Gewicht am Pole würde überwiegen und man würde dasselbe um seinen 289sten Theil leichter, oder jenes am Aequator um eben so viel schwerer machen müssen, um das Gleichgewicht zwischen beiden wieder herzustellen. — Diese Methode wäre nun allerdings einfach genug, um sie zu verstehen, aber nicht, um sie auszuführen, da die Beschwerden und die Kosten der Vorrichtung, so wie die Hindernisse, welche von der Wirkung der Rollen

Digitized by Google

und von der Steifigkeit und von anderer Unvollkommenheit der über 150 Meilen langen Schnur erzeugt werden, das ganze Verfahren, so wenig auch die Theorie seyn mag, ist der That scheitern machen würden.

§. 27. (III. Durch Attwoods Maschine.) Zwar könnte man mit einer einzigen solchen Rolle auch schon einen Versuch zu diesem Zweck anstellen. Die sogenannte Attwood'sche Maschine, an welcher man bekanntlich die Gesetze der freifallenden Körper zu zeigen pflegt, besteht bloß aus einer solchen sehr beweglichen Rolle, deren Faden an seinen beiden Endpunkten zwei beträchtliche und gleich große Gewichte trägt. Wenn das eine derselben um einen noch so geringen Theil vermehrt wird, so beginnt es sofort zu fallen und zwar desto langsamer zu fallen, je größer jene beiden gleichen Gewichte gegen das neu hinzugekommene sind. Wenn man den Fall des schwereren Gewichtes, z. B. während einer Minute, genau messen, und dann dieselbe Beobachtung an einem andern Orte der Erde wiederholen wollte, so würde man allerdings zwei verschiedene Fallhöhen finden, und daraus auf die Verschiedenheit der Schwere dieser Orte schließen können. Aber dieser Schluß würde äußerst unsicher, ja ganz unzuverlässig seyn. Denn es handelt sich hier, wie die vorhergehende Tafel zeigt, nur um die Bestimmung einer ganz kleinen Größe von kaum dem zehnten Theil eines Fußes, die hier aus einer noch viel kleineren Verschiedenheit der beiden Fallräume bestimmt werden soll, wo denn der Schluß von dem Kleinen auf das Große hier, wie überall, sehr mißlich ist, besonders da in unserem Falle noch die Unbiegsamkeit des Fadens, und die Reibung desselben an der Rolle, so wie die der Rolle an ihrer Axe, anderer Schwierigkeiten nicht zu gedenken, beinahe unübersteigliche Hindernisse darbieten würde.

§. 28. (IV. Durch den Fall von großen Höhen.) In dieser Verlegenheit könnte man sich vielleicht an unmittelbare Fallversuche von hohen Thürmen wenden, und die erwähnten Beobachtungen Benzenbergs wiederholen. Man würde dann, der vorhergehenden Theorie zu Folge, finden sollen, daß ein schwerer Körper in sechs Secunden unter dem Aequator 541.8 und unter den Polen 543.7 Par. Fuß also nahe zwei Fuß tiefer fallen sollte. Diese Differenz wäre allerdings bedeutend genug, um bemerkt zu werden. Allein man wird erstens nicht leicht so hohe Thürme finden, da selbst die Pyramiden, die größten von Menschenhänden errichteten Gebäude noch nicht die Höhe von 450 Fuß erreichen, und man würde zweitens auch, wenn man sie fände, bald auf Hindernisse in der Ausführung stoßen, die von dem Widerstande der Luft, von der Zugluft oder von der großen Schnelligkeit der Körper zu Ende ihres Falles kommen, so daß man auch diesen Weg zu unserem Ziele als ungangbar verwerfen wird.

§. 29. (V. Durch andere Mittel.) Eben so könnte man eine schiefe Ebene unter dem Aequator und unter den Polen so lange gegen den Horizont neigen, bis ein auf sie gelegter Körper die durch seinen Druck entstehende Reibung überwindet, und seine abwärts gehende Bewegung beginnt, wo man dann aus dem Neigungswinkel der Ebene an beiden Orten die ihnen entsprechende Schwere finden würde. — Eine Kugel, an beiden Orten mit derselben Kraft, z. B. des Pulvers, senkrecht aufwärts getrieben, würde am Aequator höher steigen, als unter dem Pole, und die Differenz dieser beiden Höhen würde auch die Differenz der auf die Kugel wirkenden Schweren zu erkennen geben, — die Tiefe des Eindrucks, den derselbe Körper am Aequator und unter dem Pole auf einer weichen Unterlage, z. B. auf einer Wachstafel, zurückläßt; — ein senkrechter Faden, oder ein Metalldrath an beiden Orten mit den zum Zer-

reißen desselben nothwendigen Gewichten beschwert; — oder ein an seinen beiden Enden befestigter, und in seiner Mitte frei hängender Faden, der unter dem Pole tiefer zu dem Horizonte herabsteigen, oder eine ganz andere Kettenlinie beschreiben würde, als unter dem Aequator; — alle diese und noch manche andere Mittel sind, da sie in der That von verschiedenen Schweren auf verschiedene Weise afficirt werden, theoretisch richtig, und doch in der Ausführung ganz unbrauchbar, da die Beobachtungsfehler, welche man dabei nicht vermeiden kann, in den daraus abzuleitenden Resultaten Irrthümer erzeugen werden, welche die durch sie zu bestimmende Größe selbst, oft weit übersteigen können.

§. 30. (VI. Durch Spiralfedern) Da wir, wie man oben gesehen hat, mit dem eigentlichen Abwägen der Körper nicht zum Ziele kommen können, weil die Schwere auf den abzuwägenden Körper und auf sein Gewicht gleich stark einwirkt, so wollen wir noch eine andere Kraft aufsuchen, die von der Schwere wenigstens nicht unmittelbar afficirt wird. Eine solche ist z. B. die elastische Kraft einer Metallfeder. Denken wir uns also eine solche Spiralfeder, die an ihrem obersten Punkte befestigt ist, und an ihrem unteren ein Gewicht trägt, so daß der tiefste Theil dieses Gewichtes, eine unter ihr befestigte, wohl geglättete Tafel, z. B. von Agat, schon nahe berührt. Bringt man diesen einfachen Apparat unter den Pol, so wird man durch allmähliges Hinzufügen sehr kleiner Gewichte die Spiralfeder so weit verlängern können, daß das Gewicht mit der Steintafel in unmittelbare Berührung kömmt, was man ohne Zweifel mit großer Schärfe wird bewirken können. Wird dann derselbe Apparat, in allen seinen Theilen unverändert, unter dem Aequator aufgestellt, so kann wegen der hier kleineren Schwere das Gewicht nicht mehr bis zur Agattafel herabsteigen, und man wird daher dem ersten großen Gewichte noch einige kleinere hinzufügen müssen, um auch hier den Contact wieder hervorzubringen, und die bekannte Größe dieses neuen Gewichtes wird sofort auch die Differenz der Schwere an beiden Beobachtungsorten angeben. Wenn es möglich ist, eine solche Spiralfeder zu verfertigen, bei welcher ein Gewicht von 10000 Granen eine Verlängerung der Feder von 10 Zollen hervorbringt, so würde eine Vermehrung dieses Gewichts von einem Gran die Feder schon um den tausendsten Theil eines Zolles verlängern, eine Größe, die man mit Hülfe unserer Microscope noch immer deutlich bemerken kann, so daß wir also, mit einem solchen Apparat, an jedem Beobachtungsort die Schwere desselben bis auf ihren zehntausendsten Theil, also sehr genau, würden angeben können. Allein die Gleichförmigkeit der Ausdehnung solcher Federn, bei verschiedenen Gewichten, die Veränderlichkeit der elastischen Kraft, die Ausdehnung durch Temperatur, die Schwierigkeit des Transportes derselben, und viele andere nicht geringere Hindernisse werden wohl auch hier nur wenig Hoffnung zu einem glücklichen Erfolge übrig lassen.

§. 31. (Uebersicht des Vorhergehenden.) So haben wir also bisher keine anderen directen Beweise für die Umdrehung der Erde erhalten können, als die oben angeführten unmittelbaren Messungen derselben, die uns die Abplattung der Erde, als eine Folge ihrer Rotation, kennen gelehrt hat, und die Versuche über die östliche Ausweichung der von großen Höhen herabfallenden Körper. Allein die letzten wurden erst im Jahre 1802 angestellt, da die ähnlichen früheren kein zuverlässiges Resultat gaben. Selbst diese ließen noch Manches zu wünschen übrig, da die Fallhöhe von 260 Fuß noch zu klein war, und überdieß noch mehrere Umstände das ganze Verfahren mehr für eine Schätzung, als für eine eigentliche genaue Messung gelten ließen. Ja selbst gegen jene erste Me-

Digitized by Google

rde fingen sich mehrere Zweifel an zu regen. Denn die ersten wahren Messungen der Erde wurden nicht mit der Sorgfalt und mit den gu- n Instrumenten vorgenommen, die sie verdienten. Nach der Theorie tten schon zwei derselben hinreichen, die Abplattung der Erde zu fin- n. Aber man fand sehr verschiedene Abplattungen, je nachdem man ies oder ein anderes Paar von jenen Messungen unter einander ver- ich, so daß man sich lange nicht über die eigentliche Größe dieser Ab- attung der Erde an den Polen vereinigen konnte. Ja einige Astro- omen, und unter ihnen selbst Männer von Gewicht, läugneten dieselbe änzlich, und wollten sogar der Erde eine an ihren Polen längliche Ge- alt geben. So hatte der berühmte Cassini einen Grad der Erde im ördlichen, und einen anderen im nördlichen Frankreich gemessen, und en letzten kleiner gefunden, als den ersten, da doch das Gegentheil Statt haben müßte, wenn die Erde in der That an den Polen abgeplat- et wäre. Diese beiden Grade lagen in der That zu nahe, um die Sache u entscheiden, aber was der guten Wahl der beiden Orte abging, schien ie Geschicklichkeit und die Autorität des großen Geometers zu ersetzen. Auch nahm die französische Akademie die Partei ihres Landsmannes auf ine sehr eifrige Weise, und erklärte sich einmüthig für die durch Cassini gefundene, an den Polen länglichte Gestalt der Erde, während Newton gegen sie die frühere Meinung vertheidigte, und die Abplattung der Erde an ihren Polen durch theoretische Gründe, denn andere hatte man nicht, zu beweisen suchte.

§. 32. (Wirkung der Schwere auf den Gang der Uhren.) So stand diese Angelegenheit, als im Jahre 1672, im dreißigsten Lebensjahre Newtons, der französische Astronom Richer von Paris nach der Insel Cayenne reiste, die nur fünf Grade nördlich vom Aequator entfernt ist. Als er hier seine Pendeluhr, die in Paris genau nach mittlerer Zeit ge- stellt war, wieder aufstellte, fand er, daß sie täglich nahe um $2\frac{1}{2}$ Mi- nuten zu spät ging, so daß er das Pendel nahe $\frac{5}{4}$ einer Pariser Linie verkürzen mußte, um seine Uhr auch in Cayenne mit der mittleren Zeit dieses Ortes übereinstimmend zu machen. Er konnte dieses sonderbare Ereigniß um so weniger einer Störung der Uhr während seiner Reise zuschreiben, da das so verkürzte Pendel, als er es nach Paris zurück- brachte, wieder um dieselbe Größe verlängert werden mußte, indem die Uhr bei seiner Ankunft in Paris täglich um 148 Secunden gegen die mittlere Zeit zu schnell ging.

Newton, dessen Scharfsinn sogleich die Ursache dieser Erscheinung entdeckte, stand nicht an, sie für den so lange gesuchten experimentellen Beweis der Rotation der Erde zu erklären. Seitdem sind die Beobach- tungen dieser Art sehr vervollkommnet, und beinahe in allen Orten der Erde wiederholt worden, und sie haben nicht nur Newtons Ansicht von derselben vollkommen bestätigt, oder einen vollständigen Beweis der Ro- tation der Erde geliefert, sondern sie haben uns auch den wahren Werth ihrer Abplattung an den Polen, und die Größe des Raumes, durch welche frei fallende Körper in der ersten Secunde gehen, mit einer Ge- nauigkeit kennen gelehrt, die wir durch kein anderes Mittel hätten er- reichen können. Endlich haben diese Pendel, auf eine zweckmäßige Art an unsere Uhren angebracht, unserer ganzen praktischen Astronomie eine neuere, bessere Gestalt gegeben, daher wir sie hier, so weit es unser Gegenstand erfordert, näher betrachten wollen.

§. 33. (Secundenpendel.) Ein Faden CA Fig. 6, der an seinem oberen Ende C befestigt ist, und an seinem unteren A einen schweren Körper, z. B. eine kleine Kugel von Blei trägt, wird, wenn man ihn

Digitized by Google

sich selbst überläßt, wegen der Wirkung der Schwere der Erde, eine vertikale Lage CA annehmen. Wenn man aber den immer gespannten Faden sammt seinem Gewichte aus dieser vertikalen Lage CA in eine andere CB bringt, oder das Gewicht gleichsam aufhebt, und es dann wieder sich selbst überläßt, so wird es, durch dieselbe Wirkung der Schwere, wie die Erfahrung lehrt, wieder in die erste Lage zurückzukehren suchen, indem es, während der Faden immer gespannt bleibt, den Kreisbogen BA um den Mittelpunkt C beschreibt. Wenn aber das Gewicht wieder seinen tiefsten Punkt A erreicht, so hat es durch seinen Fall in dem Bogen BA eine gewisse Geschwindigkeit nach der entgegengesetzten Richtung AB' erhalten, und diese Geschwindigkeit ist es, welche das Gewicht, wenn es in A angekommen ist, auf der anderen Seite der vertikalen Linie CA wieder aufwärts in den Bogen AB' treibt, und zwar eben so hoch, als es früher in B war, so daß die beiden Kreisbogen AB und BA' einander gleich sind. Durch dieses Aufwärtssteigen in den Bogen AB' hat es, in dem höchsten Punkte B' seine Geschwindigkeit wieder gänzlich verloren, und sinkt daher, wegen der Anziehung der Erde, wieder durch den Bogen B'A, wie vorhin durch den Bogen BA, um, wenn es in A mit der früheren Geschwindigkeit ankömmt, wieder in den Bogen AB aufwärts zu steigen. Auf diese Weise setzt das Gewicht seine Schwingungen oder seinen Hin- und Hergang durch den Bogen BB' immer in denselben Zwischenzeiten so lange fort, bis endlich die Reibung des Fadens bei seinem Aufhängungspunkte C und der Widerstand der Luft, in welcher sich das Gewicht bewegt, dasselbe in seinem tiefsten Punkte A zur Ruhe bringt. Nimmt man, statt des Fadens, eine Stahlstange AC, mit einer Oeffnung bei C, deren oberster Theil auf einer horizontalen Messerschneide, oder auf der scharfen Kante eines Prismas von hartem Steine oscillirt, so können diese Schwingungen des Pendels mehrere Stunden dauern, in welchen zwar der Bogen BB' immer kleiner wird, aber die Zeit des Hin- und Herganges des Gewichts, — und diese ist es, auf die hier alles ankommt, — immer dieselbe bleibt.

Es ist für sich klar, daß die Zeit eines Schwunges des Pendels durch den Bogen BB' desto größer seyn wird, je größer die Länge des Fadens ist, und ebenso, daß, bei derselben Fadenlänge, die Zeit des Schwunges desto größer seyn, oder daß das Pendel desto langsamer gehen wird, je kleiner die Kraft ist, welche diese Bewegung des Pendels hervorbringt, d. h. je kleiner die Schwere der Erde ist. Aus dieser Ursache mußte daher Richer's Pendel in Cayenne, in der Nähe des Aequators, wo bei der rotirenden Erde die Schwungkraft am größten, also die Schwere am kleinsten ist, zu langsam gehen, und er war daher gezwungen, es zu verkürzen, um ihm denselben Gang wieder zu geben, welchen es früher in Paris unter der größeren Breite oder unter der größeren Schwere dieser Stadt hatte.

Am einfachsten wäre es, die Länge des Fadens so lange zu ändern, oder was dasselbe ist, das Gewicht an der erwähnten Metallstange auf- und abwärts zu bewegen, bis das Pendel jede seiner Oscillationen durch den Bogen BB' genau in einer Zeitsecunde zurücklegt, wo es dann ein Secundenpendel genannt wird. Man hat gefunden, daß die Länge eines solchen Pendels unter dem Aequator nahe 439.207 unter den Polen aber 441.593 Pariser Linien beträgt, deren 144 auf einen Fuß gehen. Dieser Unterschied von nur 2.386 Linien ist allerdings sehr klein, aber man kann ihn durch die Art, auf welche diese Pendel beobachtet werden,

Digitized by Google

mit der **größten** Genauigkeit bestimmen, und daher auch die daraus folgenden **Resultate** mit großer Sicherheit ableiten.

Man **kann** nämlich, zum Vortheile und zur großen Bequemlichkeit für den **Beobachter**, irgend ein gegebenes, und in seiner Länge unveränderliches **Pendel** an zwei verschiedenen Orten der Erde schwingen lassen, und bloß **mittelst** einer neben derselben aufgestellten Uhr die Anzahl der **Schwingungen** zählen, welche das Pendel an den beiden Orten in derselben **Zwischenzeit**, z. B. in einem ganzen Tage, vollendet, eine Beobachtung, **die eben** so leicht als sicher zu machen ist, und die allein schon hinreicht, **wenigstens** das **Verhältniß** der Längen der Secundenpendeln **sowohl, als** auch das der Schwere an jenen beiden Orten der Erde, mit der **größten** Schärfe zu bestimmen, da dieses Verhältniß dasselbe ist, **wie das der** Quadrate der Anzahl jener Schwingungen. Hätte man z. B. **bemerkt**, daß ein Pendel von irgend einer gegebenen Gestalt und Länge **unter dem** Aequator in einem vollen Tage 86400, unter der Breite **von London** aber 86535 Schwingungen macht, so verhalten sich die **Quadrate** dieser Zahlen wie 1 zu 1.0031, und ebenso verhalten sich also auch an diesen beiden Orten die Länge der Secundenpendeln, so wie auch die **Intensität** der Schwere der Erde, d. h. eine Masse, die unter dem Aequator 10000 Pfunde wiegt, oder vielmehr die mit diesem Gewichte von 10000 Pfund auf ihre Unterlage drückt, wird in der Breite von London einen um 31 Pfund stärkeren Druck ausüben, als an seinem früheren Orte.

Die folgende kleine Tafel enthält die vorzüglichsten bisher gemessenen Längen des Secundenpendels, in Metern ausgedrückt, wo der Meter 3.078444 Pariser Fuß, oder 3.280899 Londoner, oder endlich gleich 3.163463 Wiener Fuß hat.

Station.	Breite.	Länge des Secundenpendels in Meter.
Molukische Inseln .	51° 32 südl.	0.994129
Port Jakson . . .	33° 52 —	0.992588
Insel Ravak . . .	0° 2 —	0.990958
Jamaika	17° 56 nördl.	0.991474
New-York	40° 43 —	0.993169
Paris	48° 50 —	0.993867
London	51° 31 —	0.994124
Unst	60° 45 —	0.994939
Hammerfest . . .	70° 40 —	0.995541
Spitzbergen . . .	79° 50 —	0.996036

§. 34. (Messung der Schwere durch Secundenpendel.) Man sieht aus diesem Verzeichnisse, daß die Länge des Secundenpendels in der That mit den größeren Entfernungen von dem Aequator zunimmt, und daß daher durch diese Beobachtungen die Voraussetzung der Rotation der Erde um ihre Axe vollkommen bestätigt wird. Eine genauere Vergleichung dieser Länge zeigt, daß sie unter dem Aequator gleich 439.207

Digitized by Google

Par. Linien beträgt, und daß man für jede andere Breite die Länge ihres Secundenpendels erhält, wenn man zu der vorhergehenden Größe die Zahl 2.386, durch das Quadrat des Sinus (Einl. §. 32) dieser Breite multiplicirt, hinzu addirt. Daraus folgt zugleich eine sehr genaue Bestimmung des Fallraumes der schweren Körper in der ersten Secunde ihrer Bewegung. Am Aequator erhalten nämlich die Körper am Ende der ersten Secunde ihres Falles eine Geschwindigkeit, mit welcher sie, wenn sie dieselbe auch ferner beibehielten, in jeder folgenden Secunde den Raum von 30.10276 Par. Fuß zurücklegen würden. Für jede andere Breite aber erhält man die ihr entsprechende Geschwindigkeit, wenn man zu der vorhergehenden Größe die Zahl 0.16354, ebenfalls durch das Quadrat des Sinus dieser Breite multiplicirt, hinzu addirt.

Wir könnten uns mit diesem sehr schönen Beweise für die Rotation unserer Erde allerdings begnügen, da er der Art ist, daß er bei Keinem, der seinen Werth zu erkennen weiß, irgend einem Zweifel über ihn oder über die Sache selbst weiter Raum geben könnte. Da aber der Gegenstand für uns eben so interessant als wichtig ist, so wird es erlaubt seyn, ihn noch kurz von einer andern Seite zu betrachten.

§. 35. (Beständige Ostwinde.) Unsere Seeleute wissen sehr wohl, daß in der Entfernung von etwa zwanzig Graden vom Aequator nordwärts ein beständiger Nordostwind, und eben so weit vom Aequator auf der südlichen Seite ein Südostwind beinahe durch das ganze Jahr weht, während nahe am Aequator selbst diese Winde nicht bemerkt werden. Man nennt sie die tropischen Winde (ventes alisés oder trade-winds), und benützt sie gewöhnlich zur Ueberfahrt von Europa nach Amerika, indem man zuerst in gerader Richtung gegen Süden segelt, und sodann, wenn man in den Bereich dieser beständigen Ostwinde gekommen ist, sich von ihnen nach West führen läßt. — Die Entstehung dieser Winde hängt unmittelbar von der Rotation der Erde ab. Die Zone der Erde nämlich, die sich bis auf 23 Grade zu beiden Seiten des Aequators erstreckt, ist, wie wir bald sehen werden, diejenige, deren Bewohner die Sonne noch in ihrem Zenithe sehen können, und wo es folglich am wärmsten ist, daher sie auch die heiße Zone genannt wird. In diesen Gegenden der Erde wird die sie umgebende Luft durch die größere Temperatur verdünnt, und daher leichter gemacht. Diese leichtere Luft erhebt sich über die benachbarte nördliche und südliche, kältere also auch dichtere Luft, und wenn sie eine gewisse Höhe erreicht hat, so fließt sie, da sie an ihren Seiten nicht aufgehalten wird, gegen die beiden Pole hinab. Auf diese Weise entsteht zu beiden Seiten des Aequators, in den höheren Gegenden der Atmosphäre, ein beständiger Strom der Luft von dem Aequator nach den beiden Polen. Wenn aber diese Luft sich an dem Aequator von der Erde erhebt, so muß sie daselbst einen verdünnten Raum zurücklassen, in welchen dann sofort die untere kältere und dichtere Luft von der Seite der beiden Pole eindringt, so daß also in der Nähe des Aequators in den unteren Gegenden der Atmosphäre ein beständiger Strom der kälteren Luft von den Polen gegen den Aequator, und in den oberen Gegenden ein entgegengesetzter Strom der wärmeren Luft von dem Aequator gegen die beiden Pole hin herrschen muß. Da aber die Atmosphäre, durch die Rotation der Erde von West nach Ost, sich gewiß schon seit Jahrtausenden mit der Erde selbst in's Gleichgewicht gesetzt hat, so wird jeder Theil der Atmosphäre dieselbe Rotationsgeschwindigkeit mit seinem Parallelkreise haben, also auch die den Polen nähere Luft sich langsamer drehen, als die am Aequator. Wenn daher die untere Polarluft in der heißen Zone neben der Oberfläche der

Digitized by Google

Erde ankömmt, so wird sie eine kleinere Geschwindigkeit haben, als der Aequator selbst, also hinter dem Aequator, oder hinter der Erdoberfläche gegen Westen zurückbleiben, und eben dadurch sich den Erdbewohnern daselbst, die ihre eigene schnelle Bewegung nach Ost nicht bemerken, als ein Stoß von Ost nach West, d. h. als ein beständiger Ostwind, fühlbar machen, oder genauer zu sprechen, der von Nord gegen den Aequator ziehende untere Luftstrom wird, in Verbindung mit der östlichen Rotation der Erde, einen Nordostwind, und der von Süden kommende ähnliche Luftstrom einen Südostwind erzeugen.

Obschon die, die Erde umgebende, Atmosphäre eine so geringe Dichtigkeit hat, daß die ganze Masse derselben von der unserer Erde wohl über hundert Millionenmal übertroffen wird, so würde doch ein beträchtliches Volumen dieser Luft, z. B. von mehreren Kubikmeilen, wenn es von den Polargegenden in die Nähe des Aequators plötzlich versetzt werden könnte, in dem letzten Orte wegen seiner verschiedenen Geschwindigkeit einen sehr heftigen Sturm erzeugen. Allein die so eben betrachtete Versetzung der Luft aus den Polar- in die Aequatorial-Gegenden geht nur sehr langsam und allmählig vor sich, so daß die sie unmittelbar berührende Oberfläche der Erde Zeit genug hat, auf diese Luftschichten zu wirken, und ihnen, durch die Reibung derselben mit der Erde, nach und nach die Geschwindigkeit der letzteren zu ertheilen. Die Folge davon ist, daß jene langsameren Luftschichten, wenn sie an den beiden Gränzen der heißen Zone ankommen, und sich dem Aequator nähern, allmählig immer eine größere östliche Geschwindigkeit erhalten, und sich mit der Erde selbst in's Gleichgewicht setzen werden, um so mehr da die Parallelkreise, also auch ihre Geschwindigkeiten, in der Nähe des Aequators sich nur sehr wenig ändern. Daraus folgt: daß dieses Gleichgewicht der Geschwindigkeit der von den Polen zu dem Aequator strömenden Luftschichten, mit der Geschwindigkeit der Erde selbst schon vor der Ankunft jener Schichten, am Aequator selbst, sich hergestellt haben wird, und daß daher jene beständigen Ostwinde nur an den beiden Gränzen der heißen Zone herrschen, und in der Mitte derselben, am Aequator, nicht mehr fühlbar seyn werden, wie es auch der Erfahrung vollkommen gemäß ist.

Im Gegentheile werden diejenigen wärmeren Luftschichten der heißen Zone, die sich ihrer geringen Dichtigkeit wegen erheben, und dann, wie wir oben gesehen haben, zu beiden Seiten gegen die Pole hin abfließen, wenn sie mit ihrer ursprünglich größeren östlichen Geschwindigkeit an der Oberfläche der Erde ankommen, der Erde gegen Ost voreilen, und uns daher auf der Nordseite des Aequators als ein Südwestwind, auf der Südseite desselben aber als ein Nordwestwind fühlbar werden, wodurch der Ursprung der so häufigen West- und Südwest-Winde erklärt wird, die in ganz Europa und in den nördlichen Theilen des atlantischen Meeres beinahe das ganze Jahr durch herrschen, so wie alle diese Erscheinungen zugleich als Beweise der Rotation der Erde angesehen werden können.

§. 36. (Rotation anderer Himmelskörper.) Endlich wird es auch hier, wie bei der Untersuchung der Kugelgestalt der Erde, erlaubt seyn, diese Erde nicht bloß als unseren Wohnort, sondern als einen derjenigen großen Körper zu betrachten, die in so bedeutender Anzahl unseren nächtlichen Himmel schmücken. Wir kennen schon mehrere derselben, an welchen wir mit unseren Fernröhren ebenfalls eine Rotation, und zwar auch in der Richtung von West gegen Ost beobachten. Der Mond dreht sich in $27^{1}/_{10}$ Tagen um seine Axe, die Sonne in $25^{1}/_{2}$ Tagen, Mercur,

Digitized by Google

Venus und Mars beinahe in einem Tag, wie unsere Erde, und Jupiter endlich, der größte unter allen Planeten, und beinahe 1300mal größer als die Erde, vollendet seine Rotation schon in 9 9/10 Stunden. Ein Beobachter auf der Oberfläche dieses Planeten würde also den ganzen Himmel in der kurzen Zeit von noch nicht zehn vollen Stunden um sich rotiren sehen, und doch würde diese Erscheinung für ihn nichts als eine leere Täuschung seyn, da nicht der Himmel, sondern Er selbst es ist, der sich sammt seinem Wohnort um die Axe desselben dreht. Diese schnelle Rotation Jupiters hat auch eine sehr starke Abplattung seiner ebenfalls nahe kugelförmigen Gestalt zu Folge, die wir mit unseren Fernröhren, ob er gleich selbst in seiner größten Nähe noch über 85 Millionen Meilen von uns entfernt ist, nicht nur deutlich sehen, sondern auch noch mit großer Schärfe messen können, und die den vierzehnten Theil seines Halbmessers oder 670 Meilen ausmacht, während sie bei der Erde, wie wir oben gesehen haben, nur drei Meilen beträgt. — Wenn wir also diese Rotation und die unmittelbare Folge derselben, die Abplattung an den Polen, bei so vielen anderen Himmelskörpern bemerken, warum sollten wir sie, der Analogie gemäß, nicht auch bei unserer Erde voraussetzen dürfen?

§. 37. (Einwürfe gegen die Rotation der Erde.) Aber, so viele Gründe sich auch für die Existenz dieser Rotation häufen lassen mögen, noch ist ein Einwurf unbeantwortet, den unsere Leser schon längst im Stillen gemacht haben werden. — „Aber warum fühlen wir denn diese Bewegung der Erde nicht?“ werden sie fragen.

Dieser Frage könnte man sofort mit einer andern begegnen: „Was sollen wir denn von dieser Bewegung fühlen?“ — Doch nicht etwa das Rütteln und die Stöße derselben, die hier gar nicht Statt haben, da gerade diese Bewegung vielleicht die einzige in der Natur ist, welche mit immer gleicher Geschwindigkeit und ohne allen Stoß vor sich geht. Fühlen wir doch auch die Bewegung des Schiffes nicht, wenn es über den glatten Wasserspiegel hingleitet, obschon wir dessenungeachtet dieser Bewegung sehr gewiß sind, weil wir alle Gegenstände am Ufer vor uns vorübereilen sehen, die doch, wie wir wohl wissen, unbeweglich auf denselben stehen. Und doch ist die Bewegung des Schiffes noch lange nicht so gleichförmig, wie die der Erde, da das Schiff nicht selten von Wind und Wellen hin und her getrieben wird, und seinen Lauf so oft ändert. Ueberhaupt sind die natürlichsten und gewöhnlichsten Bewegungen beinahe immer auch zugleich diejenigen, welche wir am wenigsten empfinden, und von deren Daseyn wir oft nichts ahnen. Dieß begegnet uns nicht bloß, wie wir später noch oft sehen werden, in der physischen, sondern selbst in der moralischen Welt. Welche innere Bewegungen sind wohl gewöhnlicher und stärker zugleich, als die der Eigenliebe, und wie selten sind wir uns dieser Triebfeder beinahe aller unserer Handlungen bewußt, wenn wir uns schmeicheln, sie aus ganz anderen, und viel edleren Gründen unternommen zu haben. — Uebrigens ist jenes Beispiel eines auf der ruhigen Wasserfläche hingleitenden Schiffes, ein sehr treues Bild unserer gemeinschaftlichen Fahrt auf dem Weltenschiffe, der Erde, die wir, wenn wir sie gleich nicht unmittelbar fühlen, doch sehr gut in dem schnellen Vorübereilen der festen Inseln, und der glänzenden Körper erkennen, welche aus dem unermeßlichen Ocean des Himmels hervorragen. Außer unserem Schiffe scheint Alles in Bewegung, wenn gleich in der That Alles stille steht; in demselben aber, wo sich Alles zugleich mit uns bewegt, können wir diese Bewegung unseres Schiffes nicht bemerken, nicht einmal an der Luft, die wir athmen, weil die Atmosphäre der Erde sich

Digitized by Google

mit der Erde zugleich, und mit derselben Geschwindigkeit, und nach derselben Richtung bewegt.

Aber, könnte man weiter einwenden, wenn wir nun sammt unserer kugelförmigen Erde uns täglich einmal um ihre Axe drehen, ohne es zu merken, so müssen wir ja, wenn wir jetzt aufrecht stehen, zwölf Stunden später, alle den Kopf abwärts tragen, oder den Kopf unten, und die Füße oben haben, und auch dieß sollen wir nicht bemerken? —

Durch unsere Seereisen, durch unsere sogenannten Reisen um die Welt, ist es doch wohl eine ausgemachte Sache, daß wir Gegenfüßler oder Antipoden haben, d. h. daß es gegenüber von der Gegend der großen Kugel, die wir bewohnen, auch noch Menschen und Thiere gibt, die ebenfalls, wie wir, auf ihren Füßen, und nicht auf ihren Köpfen gehen, obschon diese ihre Füße gegen die unseren, also in der Sprache jenes Einwurfs zu reden, aufwärts gerichtet haben. Da aber die Existenz der Antipoden durch unsere Reisen um die Welt über alle Zweifel erhoben ist, so ist auch die Möglichkeit eines solchen sogenannten aufrechten Standes derselben schon unmittelbar durch die Wirklichkeit dieses Standes erwiesen. Die Bewohner der Insel Sumatra in Ostindien sind denen der Stadt Quito in Süd-Amerika gerade entgegengesetzt, so, daß eine gerade Linie, durch sie gezogen, durch den Mittelpunkt der Erde geht, und daß sie sich, wenn die Erde immer kleiner würde, endlich mit ihren Fußsohlen berühren würden. Die Sterne, die der eine gerade über sich, in seinem Scheitelpunkte sieht, werden für den andern unsichtbar seyn, weil sie in seinem Fußpunkte stehen, und von der Erde verdeckt sind. Aber nach zwölf Stunden wird umgekehrt jener dieselben Sterne in seinem Fußpunkte haben, und dieser sie über seinem Scheitel sehen. Beide stehen also in der That in einander ganz entgegengesetzten Lagen, und beide gehen doch, den Kopf aufwärts, mit ihren Füßen auf der Erde, wie alle jene Seefahrer erzählten, und wie sie es auch an sich selbst erfahren haben, wenn sie die Gegenden betreten, die denjenigen, von welchen sie mit ihren Schiffen ausgefahren sind, gerade entgegen liegen. Wer dieß läugnen wollte, müßte auch zugleich läugnen wollen, daß je ein Schiff diese Reise um die Welt gemacht habe.

In der That stehen auch unsere Antipoden mit ihren Füßen gegen uns, aber sie stehen dessenungeachtet aufwärts so wie wir. Denn was nennen wir aufrecht stehen? Doch wohl: mit den Füßen gegen die Erde, und mit dem Kopfe gegen den Himmel gerichtet seyn? — Nun wohl, ganz ebenso stehen ja unsere Antipoden auch, so wie wir selbst. Für uns ist oben was weiter von der Erde, und unten was näher bei der Erde ist, und ganz eben so werden diese Worte auch von unseren Antipoden verstanden, denn auch sie glauben ohne Zweifel, daß sie den Kopf über den Füßen tragen, weil er auch bei ihnen weiter als diese von der Erde weggekehrt, weil er auch bei ihnen, wie bei uns, gegen den Himmel gewendet ist. Der Regen fällt für sie ganz ebenso von d nach D (Fig. 4) nämlich vom Himmel zur Erde herab, wie er bei uns von a nach B zur Erde herab fällt, und beide Richtungen dD und aB, wenn sie gleich an sich entgegengesetzt sind; sind es doch nicht mehr in Rücksicht auf die Bewohner der Erde, die alles auf den Mittelpunkt C derselben beziehen, da für sie der Regen, so wie auch jeder andere Körper, immer in derselben Richtung, nämlich immer gegen den Mittelpunkt der Erde fällt. — Und wohin sollte er denn auch von D nach d, von der Erde wegfallen? Er fällt von a nach B, weil ihn die Erde nach ihrem Mittelpunkte C anzieht. Von D nach d hin aber zieht ihn nichts an, umgekehrt vielmehr: von d nach D hin wird er angezogen,

Digitized by Google

und zwar wieder, wie zuvor, nach dem Mittelpunkt C der Erde, d
er dann auch wieder von d nach D fallen, und daher eben durch
sen Fall derselben Richtung nach dem Mittelpunkte folgen muß,
chem er in seinem Falle von a nach B gefolgt war.

Warum fallen aber dann, hört man diese Leute sagen, nicht
Sonne, Mond und Sterne zur Erde, wenn diese Alles zu ihrem
telpunkte anzieht? — So können aber nur diejenigen fragen, die
wissen, daß kein Körper in der Natur seine Stelle ändert, ohne daß
durch eine fremde Kraft dazu gezwungen wird. Wenn der Stein
unserer Erde gehalten werden muß, damit er nicht falle, so kömmt
daher, weil er von der Kraft der Erde, von der Schwere angezogen wi
Aber die Sterne werden von ihr nicht mehr angezogen, weil die
viel zu klein, und weil sie zugleich viel zu weit von ihnen entfernt
um noch auf sie wirken zu können, daher denn auch die Sterne kei
Unterstützung bedürfen, um dieser Anziehung der Erde entgegen
wirken.

Sie sind in den weiten Räumen, in welchen wir sie erblicken, ni
befestigt, und sie haben es auch nicht Noth, weil nichts da ist, was
aus ihrer Stelle bringen könnte, und ganz dasselbe gilt auch von un
rer Erde, die, wie jene Himmelskörper, frei im Weltraume schwe
und nach keiner Seite hin fallen kann, weil sie nach keiner angezog
wird. Da eigentlich alle Theile der Erde einander anziehen, und da a
gleichmäßig gegen ihren Mittelpunkt drücken, oder gegen denselben schw
sind, so wird dadurch die Schwere der einen Halbkugel, durch die gle
große Schwere der anderen aufgehoben, so daß die ganze Masse d
Erde eigentlich nach keiner Gegend des Sonnensystems mit ihrem ganz
Gewichte drückt, sondern sich selbst, in ihrem Mittelpunkt, das Gleic
gewicht hält, und nur gegen die Sonne eine, obschon verhältnißmäß
viel geringere Kraft der Schwere äußert, durch welche sie eben in ihr
Bewegung um diesen großen Centralkörper unseres Systems erhalt
wird, wie wir weiter unten sehen werden. Doch genug, und vielleic
schon mehr als genug, über einen Gegenstand, der wohl in früher
Zeiten manche sogenannte gelehrte Streitigkeit, und selbst manchen Kam
anderer Art veranlaßte, der aber bereits in unseren Tagen so oft un
von so vielen Seiten erörtert worden ist, daß die wahre Ansicht desselbe
selbst schon bis zu dem gemeinen Manne vorgedrungen ist, und daß no
weitere Zweifel darüber nur Unwissenheit und Unverstand verrathe
können.

Kapitel III.

Jährliche Bewegung der Sonne.

§. 38. (Erste Erscheinungen.) Wir haben im Vorhergehenden gese
hen, daß der ganze Himmel mit allen seinen Gestirnen sich täglich von
Ost gegen West zu drehen scheint, und daß die wahre Ursache dieser Er

Digitized by Google

heinung in der Erde liegt, die sich in derselben Zeit, aber in entgegengesetzter Richtung, von West gegen Ost, um ihre Axe drebt, während der sie rings umgebende Himmel mit seinen Sternen in Ruhe bleibt. Allein wenn wir diese Gestirne einzeln näher betrachten, so finden wir bald, daß einige derselben eine merkwürdige Ausnahme von dieser allgemeinen Ruhe des Himmels machen. Bei weitem die meisten Sterne kommen nämlich in der That am Ende eines jeden Tags, immer wieder genau an denselben Ort, wo wir sie am Ende der vorhergehenden Tage gesehen haben. Auch behalten sie unter sich selbst immer dieselbe Lage unverändert bei, so daß z. B. solche Sterne, welche eine gerade Linie, ein Dreieck, einen Kreis unter sich bilden, diese Gestalt ihrer Gruppirung am Himmel nicht weiter ändern. Aber unter diesen in der That zahllosen Sternen, die ihren Ort am Himmel gleichsam fixirt haben, und die man daher Fixsterne nennt, gibt es doch auch einige, welchen diese Benennung nicht zukömmt, da man sie ihre Stelle am Himmel ändern, und mit verschiedenen Geschwindigkeiten und nach allen Richtungen von einem Fixsterne zum andern wandern sieht. Man hat sie daher Wandelsterne oder Planeten (πλανεω, herumschweifen) genannt. Ein solches Gestirn ist z. B. der Mond. Wenn man ihn durch mehrere aufeinanderfolgende Nächte nur mit einiger Aufmerksamkeit betrachtet, so findet man, daß er unter den fixen Gestirnen des Himmels von West gen Ost mit einer gewissen, sehr auffallenden Regelmäßigkeit fortgeht; daß die Sterne, bei welchen wir ihn z. B. gestern um Mitternacht sahen, heute um dieselbe Zeit schon nahe dreizehn Grade westlich von ihm stehen, und daß er überhaupt seinen östlichen Umlauf an dem gestirnten Himmel in nahe 27 1/3 Tagen vollendet. Aehnliche, nur bei weitem weniger regelmäßige Bewegungen bemerken wir noch an einigen anderen Himmelskörpern, die wir weiter unten näher kennen lernen werden. Ja selbst die Sonne scheint zu diesen Wandelsternen zu gehören, da auch sie ihren Ort unter den Sternen des Himmels mit jedem Tage ändert.

§. 39. (Woran die Bewegung der Sonne erkannt wird.) Es mag allerdings schon etwas mehr Aufmerksamkeit und Ueberlegung erfordert haben, diese Bewegung der Sonne zu erkennen, weil nämlich dieser Weltkörper Alles um sich her verfinstert, oder vielmehr Alles so mit seinem Lichte erfüllt, daß dadurch die Sterne, diese festen Punkte des Himmels, mit welchen man den täglichen Stand der Sonne vergleichen könnte, ganz unsichtbar werden. Allein, wenn auch diese Sterne, welche wir an unserm nächtlichen Himmel erblicken, unter sich selbst immer dieselbe Lage behalten, so sieht man doch auch nicht zu allen Zeiten immer dieselben Sterne. Das Schauspiel, welches sie uns darbieten, verändert sich mit jedem Tage Etwas, und völlig derselbe Auftritt kömmt genau um dieselbe Jahreszeit wieder. So sehen wir z. B. das schöne und allgemein bekannte Sternbild Orion's in der Mitte des Dezembers genau um Mitternacht am höchsten über dem Horizonte, oder im Meridian (Einl. 14). Allein vierzehn Tage darauf, oder im Anfange eines jeden neuen Jahres erblicken wir dieses Sternbild schon viel früher an jenem Orte, nämlich um 10 U. 48 M. Abends; am 1. Februar noch früher, um 8 U. 46 M.; am 1. März schon um 7 U. 0 M. u. s. w., so daß also dieses Sternbild am Ende eines jeden Monats zur Zeit der Mitternacht um nahe 30 Grade weiter gegen Westen steht, als es am Anfange dieses Monats stand. In der Mitte des März ist es schon so weit gegen West vorgerückt, daß die Mitte dieses Sternbildes, oder der sogenannte Jakobsstab, zur Zeit der Mitternacht bereits untergeht. Auf dieselbe Weise wird man bemerken, daß solche Sternbilder, die in einer

Digitized by Google

gewissen Jahreszeit um Mitternacht aufgehen, sechs Monate später um Mitternacht untergehen. Nicht minder bekannt ist der schöne Stern Aldebaran, der größte der Hyaden im Sternbilde des Stiers. Um die Mitte des Mai sieht man ihn noch bald nach Sonnenuntergang auf der Westseite in der Nähe der Sonne, nach welcher er etwa in einer Stunde ebenfalls untergeht. Gegen das Ende dieses Monats sieht man ihn gar nicht mehr, weil die Sonne an dieselbe Stelle des Himmels gekommen ist, die Aldebaran einnimmt. Aber gegen das Ende des Junius erblickt man ihn wieder auf der Ostseite auf einige Augenblicke kurz vor dem Aufgange der Sonne, und nun sieht man ihn mit jedem folgenden Tage immer früher vor der Sonne aufgehen, so daß er also auch immer länger in den letzten Stunden der Nacht sichtbar bleibt, bis er endlich in dem Lichte der aufgehenden Sonne, oder mit dem Anbruche des hellen Tages, verschwindet. Die Alten waren auf diese Verschwindung der Sterne oder auf die Zeit, wo ein Stern mit der Sonne zugleich auf- und untergeht, sehr aufmerksam, und sie nannten dieselbe den cosmischen Auf- und Untergang, so wie sie die Zeit, wo der Stern kurz vor dem Aufgange der Sonne auf-, und kurz nach dem Untergange derselben untergeht, den heliſchen Auf- und Untergang des Sterns hießen. Aus der Wiederkehr dieser Phänomene, also aus dem Ein- und Austritte gewisser Sterne in und aus den Sonnenstrahlen, schloß man ganz recht, daß auch die Sonne wieder an derselben Stelle des Himmels sey, daß sie also in der Zwischenzeit ihren ganzen Umlauf um die Erde zurückgelegt habe. Man nennt diese Zeit eines Umlaufs der Sonne bekanntlich das Jahr, und die Alten wurden, eben durch diese Art von Beobachtungen, bald gewahr, daß die Länge oder die Dauer dieses Jahrs nahe 365 ¼ Tage betrage.

Am deutlichsten bemerkt man dieses Fortrücken der Sonne, wenn man auf diejenigen Sterne merkt, die zu verschiedenen Jahreszeiten um Mitternacht am höchsten in Süden stehen, also eben durch den Meridian (Einl. §. 14) des Beobachters gehen. Im Anfange des Frühlings sehen wir um Mitternacht am südlichen Himmel die Sternbilder des Löwen und der Jungfrau; in den ersten Sommernächten, zur Zeit der Mitte des Junius, das Sternbild des Hercules und die zwei schönen Sterne Wega in der Leyer und Atair im Adler; im Anfange des Herbstes den Pegasus, die Kassiopeia und Andromada, und im Anfange des Winters endlich, oder gegen das Ende des Jahres den Stier mit den oben erwähnten Hyaden und Pleiaden, ferner Sirius, den größten aller Fixsterne, und Orion, das schönste aller Sternbilder. Da nun alle diese, der Sonne in den verschiedenen Jahreszeiten gegenüberstehenden Sterngruppen in der oben angeführten Ordnung von West gegen Ost um den Himmel liegen, so muß auch die Sonne selbst in ihrer jährlichen Bewegung sich in derselben Richtung, oder ebenfalls von West gen Ost, bewegen.

Uebrigens lassen sich diese Erscheinungen allerdings auch eben so gut durch eine eigene Bewegung der Sonne gegen Ost, als durch eine gemeinschaftliche Bewegung des gesammten Himmels mit allen seinen zahllosen Fixsternen gegen West erklären. Wenn wir aber nicht wieder, wie in dem vorhergehenden Kapitel bei der Rotation der Erde, in den Widerspruch fallen wollen, die ganze Welt um einen einzigen Punkt zu bewegen, bloß weil wir diesen Punkt, ohne allen weiteren Grund, für unbeweglich gelten lassen wollen, so werden wir sofort für die erste dieser Erklärungen, für eine Bewegung der Sonne gen Ost, stimmen müssen, um so mehr, da der Mond und alle übrigen oben erwähnten Planeten ebenfalls, und zwar mit ganz andern Geschwindigkeiten, und nach

Digitized by Google

anz andern **Richtungen**, ihren Ort unter den Sternen des Himmels ndern.

Wir sind **also**, unseren Beobachtungen und den daraus gezogenen chlüssen **gemäß, gleichsam** gezwungen, anzunehmen, daß die Sonne eine igene **Bewegung von** West gegen Ost habe, und daß sie diesen ihren eg um **die Erde in** einem Jahre vollende, oder daß sie auf diesem ih- m Wege **täglich etwas** weniger als einen Grad (genauer 0.986 eines rades) **gen Ost weiter** rücke. — Dieß von der **Zeit**, oder, was das- elbe ist, **von der Geschwindigkeit**, mit welcher die Sonne um uns geht. Welches ist **aber die** Lage dieser Bahn der Sonne am Himmel? Ist sie zu dem **Aequator** parallel, oder bildet sie mit dem Aequator irgend ei- nen **Winkel, und welchen?**

§. 40. (**Die Sonnenbahn** ist gegen den Aequator geneigt.) Wenn diese Bahn der **Aequator** selbst oder doch ihm parallel wäre, so müßte die Sonne für **jeden bestimmten** Ort der Erde, z. B. für Wien, durch das ganze Jahr **offenbar** immer an demselben Punkte des Horizonts, etwa immer **bei derselben Bergspitze**, auf- und untergehen, wie wir dieß bei den Fixsternen **in** ihrer täglichen Bewegung bemerken. Beschriebe sie z. B. den **Parallelkreis** des Aldebarans am Himmel, so müßte sie auch alle Tage des **Jahrs** in demjenigen Orte des Horizonts auf- und unter- gehen, **in welchem** wir diesen Fixstern, und eben so alle andern Punkte seines Parallelkreises, auf- und untergehen sehen. Auch müßte dann ihre **Sichtbarkeit** über unserem Horizont, d. h. die Länge des Tages, während des ganzen Jahres immer gleich groß, nämlich dieselbe mit der Sichtbarkeit des Aldebarans selbst seyn. — Allein dieß widerspricht allen unsern Erfahrungen. Die Längen unserer Tage sind, wie wir Alle wis- sen, sehr ungleich, da sie z. B. für Wien im Winter, wenn sie am kürz- **esten** sind, nur 8 St. 10 M., und im Sommer, wenn sie am längsten sind, 16 St. 6 M. dauern. Auch geht, wie nicht weniger allgemein be- kannt ist, die Sonne im Sommer sehr viel näher bei Norden auf und unter, als im Winter, wie sie denn auch in jener Jahreszeit im Mit- tag viel höher steht, als in dieser. Die beiden äußersten Punkte des Horizonts, bei welchen die Sonne im Sommer und im Winter auf- und untergeht, bilden in unsern Gegenden den sehr beträchtlichen Winkel von 73 Graden, und dieser Winkel ist für nördlicher liegende Länder noch viel größer. — Eine nur geringe Aufmerksamkeit auf diese so auffallen- den Unterschiede mußte daher auf die Idee leiten, daß die Sonne in ih- rer eigenen Bewegung von West gegen Ost auch zugleich von einem Pa- rallelkreise zum andern übergeht, daß sie jeden Tag den Parallelkreis desjenigen Sterns beschreibt, in dessen Nähe sie sich an diesem Tage eben aufhält, und daß also auch die Bahn, welche sie während des ganzen Jahres zurücklegt, gegen alle jene Parallelkreise unter einem gewissen Winkel geneigt ist, so daß alle diese Parallelkreise von der Sonnenbahn unter demselben bestimmten Winkel geschnitten werden.

§. 41. (Vorläufige Bestimmung der Sonnenbahn.) Allein, wie groß ist dieser Winkel, oder mit andern Worten: welches ist die wahre Lage der Sonnenbahn am Himmel, und welches sind die Sterne, durch welche sie geht?

Wenn wir auch die Sterne, in deren Nähe die Sonne sich aufhält, wegen des zu starken Lichtes der letztern nicht sehen können, wie dieß, nach dem oben Gesagten, bei dem Monde geschieht, so können wir da- für (und dieß wird uns zu demselben Ziele führen) diejenigen Sterne des Himmels desto besser sehen, die der Sonne gerade gegenüberstehen. Denn so wie wir die Zeit des Tages **Mittag** (Einl. §. 26) nennen,

Digitized by Google

wenn die Sonne in Süden ihre größte Höhe über dem Horizonte er
oder durch den oberen Theil des Meridians geht, so nennen wir
Mitternacht die Zeit, wann die Sonne S''' im Norden am ti
unter dem Horizonte steht, oder in ihrer, uns unsichtbaren, untern
mination (Einl. §. 26) ist. Da man nun bereits wußte, daß die S
ihren Kreislauf um die Erde in der Zeit eines Jahres von 365'/
gen zurücklegt, so konnte man daraus schließen, daß sie sich jed
nach einem halben Jahre wieder in dem Punkte des Himmels bef
werde, der jenem gerade entgegengesetzt ist, in welchem sie sich heut
findet. Hatte man also einmal z. B. an dem kürzesten Tage des
res die mittägige Höhe der Sonne gemessen, wozu man sich einer
recht in dem Boden errichteten Stange oder einer Mauer bedienen ko
so mußte ein halbes Jahr nachher in der Mitte der kürzesten Nacht,
jenige Punkt der Sonnenbahn, in welchem sie sich vor einem ha
Jahre befand, wieder über der Stange oder über der Mauer ste
wenn nämlich das Auge des Beobachters auch wieder dieselbe Stelle
nahm. Diesen Punkt der Sonnenbahn konnte man sich aber leicht
ken, weil man an dieser Stelle Sterne sah. Auf diese Weise ko
man an mehreren Tagepaaren, die immer um ein halbes Jahr von
ander entfernt sind, verfahren, und so alle die Sterne des Himm
durch welche die Sonne ihren Weg nimmt, und zugleich die Zeit bes
men, wann sie zu diesen Sternen kömmt.

Diese Beobachtungsart mag vielleicht die erste gewesen seyn,
man angestellt hat, um die Bahn der Sonne am Himmel zu bestimm
Allein sie ist weder sehr bequem, noch auch genau zu nennen, da
erwähnte Alignement mit einer Stange oder einer Mauer keiner gro
Schärfe fähig ist, und da endlich, wie wir später sehen werden,
Sonne in ihrer Bahn nicht gleichförmig, sondern bald geschwinder, b
langsamer fortgeht, so daß dadurch die vorhergehende Voraussetzu
daß sie in einem halben Jahre genau in dem entgegengesetzten Pun
ihrer Bahn sey, unrichtig und mit dieser Voraussetzung auch die ga
Methode, wenn man durch sie ein genaues Resultat verlangt, unbrau
bar wird. Uebrigens könnte man sich die lästige Wiederholung di
Beobachtungen ersparen, da in der That schon ein einziger Tag hinrei
die Lage der Ekliptik auf diese obschon unzuverlässige Weise zu besti
men, wenn man nämlich dazu, wie zuvor, den längsten oder auch d
kürzesten Tag des Jahres nimmt.

§. 42. (Vereinfachung dieser genäherten Bestimmung der Sonnenbah
Man wußte nämlich bereits, daß gegen die Mitte des März und S
tembers für die ganze Erde die Länge des Tages eben so groß als d
Nacht ist, und daß daher (Einl. §. 24, II.) an diesen beiden Tagen i
Sonne im Aequator seyn, also auch hier die Ekliptik den Aequat
schneiden müsse, weil dieser Parallelkreis der einzige ist, für welchen d
Tag- und Nacht-Bogen gleiche Größe hat. Da aber der Aequator d
Horizont in zwei Punkten, die von Süd und Nord gleich weit entfer
sind, oder in dem Ost- und West-Punkte (Einl. §. 16) schneidet,
war es genug, nur an einem jener beiden Tage der Nachtgleichen d
Auf- und Untergang der Sonne zu beobachten, um sofort auch in seine
Horizonte diejenigen zwei Punkte aufzufinden, welche dem Ost- un
West-Punkte entsprechen. Hatte man aber einmal diese beid
Punkte, so durfte man nur noch an demselben Tage, z. B. um Mitta
die Sonne ansehen, und sie, etwa nach dem Augenmaße, mit jen
zwei Punkten verbinden, um sofort die Lage des Aequators a
Himmel gleichsam mit einem Blicke zu übersehen. Genauer wird ma

Digitized by Google

wie Lage erhalten, wenn man eine Ebene, z. B. eine Tafel, durch jene beiden Punkte, den Ost- und West-Punkt des Horizonts, legt, und dann die Tafel um die durch jene zwei Punkte gehende Linie, als um eine Axe, so lange dreht, bis das in dieser Tafel stehende Auge des Beobachters die Sonne in der Ebene der Tafel erblickt, um dadurch sogleich die Hälfte desjenigen Kreises zu bestimmen, die der Aequator an dem Orte eben sichtbaren Theil des Himmels beschreibt, woraus sich dann die andere Hälfte von selbst ergibt.

Ganz auf dieselbe Weise wird man nun auch mit der Ekliptik verfahren, nur wird man dazu nicht die Tage der Nachtgleichen, sondern die der Solstitien, d. h. den längsten oder auch den kürzesten Tag des Jahres, wählen. Wir haben bereits gesehen, daß die Sonne an den zwei Tagen der Nachtgleichen in der Ebene des Aequators ist, wo sie dem Horizont in zwei einander gegenüberstehenden Punkten, in Ost und West, begegnet. Die beiden Punkte des Aequators, welche sie an diesen zwei Tagen einnimmt, müssen also auch zwei Punkte der Sonnenbahn seyn, und da diese zwei Punkte einander genau entgegengesetzt sind, so wird diese Sonnenbahn den Aequator in zwei gleiche Theile theilen, und demnach (Einl. 6) selbst ein größter Kreis des Himmels seyn. Man nennt daher auch diese beiden der Ekliptik und dem Aequator gemeinschaftlichen Punkte die Aequinoctial- oder Nachtgleichen-Punkte, und zwar den einen, wo die Sonne im Anfange des Frühlings, am 21. März, ist, den Frühlingspunkt, und den andern, welchen sie im Anfange des Herbstes, am 22. September, einnimmt, den Herbstpunkt. — Zur Zeit der Solstitien aber, ein Vierteljahr vor und nach der Zeit der Nachtgleichen, ist die Sonne in der Mitte zwischen dem Frühlings- und Herbst-Punkte, oder von jedem derselben um 90 Grade entfernt. Man darf daher nur am Mittage eines dieser beiden Tage, deren einer der längste, und der andere der kürzeste Tag des Jahres ist, die Sonne im Meridian beobachten, um sofort drei Punkte zu übersehen, die alle in der Ebene der Ekliptik liegen, nämlich den Mittelpunkt der Sonne in Süden, und die beiden bereits bekannten Ost- und West-Punkte des Horizonts, die an dem Mittag dieser beiden Tage mit den beiden Nachtgleichenpunkten zusammenfallen, wo dann wieder eine durch diese drei Punkte gelegte Ebene, wenn man sie bis an den Himmel verlängert, an demselben den gesuchten größten Kreis der Sonnenbahn oder die Ekliptik anzeigen wird. Man nennt diese beiden Punkte der Ekliptik, die von dem Aequator am weitesten abstehen, die Solstitial- oder Wende-Punkte, und zwar den höchsten, den die Sonne gegen den 21. Junius einnimmt, die Sommerwende, und den tiefsten, wo sie am 22. Dezember ist, die Winterwende.

§. 43. ((Quadrant als Instrument zum Höhenmessen.) Allein da man auf diese Weise, wie gesagt, weder die Ekliptik, noch auch selbst den Aequator am Himmel mit großer Genauigkeit angeben kann, so wird man, da diese beiden Kreise für die gesammte Astronomie von der äußersten Wichtigkeit sind, noch auf andere Mittel bedacht seyn müssen, die Lage derselben mit der größten Schärfe festzusetzen, und hier ist es, wo wir zuerst gezwungen sind, zu eigentlichen astronomischen Beobachtungen, mit Hülfe eines Instrumentes, unsere Zuflucht zu nehmen.

Es ist leicht, sich ein solches Instrument vorzustellen, mit welchem man die Höhe der Gestirne, und überhaupt die Höhe aller Gegenstände messen kann. Sey z. B. ACB (Fig. 7) eine ebene Tafel in der Gestalt des vierten Theiles eines Kreises ausgeschnitten, so daß der Punkt C der Mittelpunkt dieses Kreises, und der Winkel 0. C. 90 gleich einem

Digitized by Google

rechten Winkel sey. Die Peripherie AB dieses Quadranten sey in fei einzelnen Grade, und selbst in die kleinern Theile des Grades eing theit, und um den Mittelpunkt C bewege sich, als um eine Axe, e Fernrohr oder ein Diopter so, daß dessen Länge in allen Punkten d Quadranten mit der Ebene desselben parallel bleibe. Man denke si nun dieses Instrument an einem Pfeiler oder an einer Wand so bef stigt, daß die Ebene ABC desselben genau vertical (Einl. §. 8) und d höchste Halbmesser CA desselben vollkommen horizontal ist. Zeigt nu in diesem Zustande das Fernrohr, wenn es in die Lage des höchste Halbmessers CA gebracht wird, dem Auge des Beobachters in 0 de Stern S, so wird dieser Stern in dem Horizonte des Beobachters li gen, oder seine Höhe wird Null seyn. Wird aber das Fernrohr in d Lage des Halbmessers C 30 gebracht, und sieht dann das Auge in 3 den Stern S', so wird, da OCS, nach der Voraussetzung, eine horizon tale Linie ist, die Höhe des Sterns S' gleich dem Winkel SCS' seyn oder, da die Scheitelwinkel SCS' und 0 C 30 einander gleich sind, s wird die Höhe des Sterns S' über dem Horizonte CS des Beobachter 30 Grade betragen, und eben so wird die Höhe des Sterns S'' gleic SCS'' oder 0 C 50, das heißt gleich 50 Graden, seyn u. s. w. Ma sieht, daß ein Instrument dieser Art, wenn es mit Sorgfalt gebau und mit Umsicht behandelt wird, die Höhen der Gestirne mit großer Ge nauigkeit anzugeben vermag.

§. 44. (Bestimmung der Polhöhe durch Beobachtung.) Dieses voraus gesetzt, wollen wir nun dieses Instrument, ohne die verticale Lage sei ner Ebene, und die horizontale Lage seines höchsten Halbmessers AC z ändern, in die ebenfalls verticale Ebene (Einl. §. 14) des Meridians und zwar so bringen, daß die Seite C desselben gegen Nord und di Seite A gegen Süd gekehrt ist. Beobachten wir in dieser Stellung de Quadranten die Höhe eines dem Weltpole N (Fig. 1 oder 2) nahe Sterns, der nicht mehr auf- und untergeht, und daher (Einl. §. 26 den sichtbaren Theil des Meridians täglich zweimal durchschneidet. Zu Zeit seiner oberen Culmination in D ist die Höhe des Sterns HD, und zwölf Stunden vor oder nachher, zur Zeit seiner untern Culmination i B, ist die Höhe desselben HB. Da aber (Einl. §. 24) alle Punkte je des Parallelkreises von jedem Weltpole gleichweit abstehen, so ist BI gleich ND, so daß man daher sagen kann, die beiden beobachteten Höhe des Sternes sind

in der obern Culmination gleich HN mehr ND,
in der untern Culmination gleich HN weniger ND,

woraus folgt, daß das Mittel aus beiden Höhen gleich HN oder gleic der Polhöhe (§. 18, I) des Beobachtungsortes ist, welche Polhöhe zu gleich den Abstand des Beobachters von dem irdischen Aequator, d. h die geographische Breite (Einl. §. 18 und 23) desselben ausdrückt

Man erhält also die Polhöhe eines Ortes, wenn man die Höhe eines nicht untergehenden Sternes in seinen beiden Culminationen beob achtet, und von der Summe dieser Höhen die Hälfte nimmt. Von den bereits oben erwähnten Polarstern beobachtete man z. B. in Wien dies beiden Höhen 49° 48'.8 und 46° 36'.4. Die Summe derselben ist 96 25'.2 und ihre Hälfte 48° 12'.6 ist daher die gesuchte Polhöhe von Wien

§. 45. (Gleichmäßige Bestimmung der Declination der Sterne durc Beobachtung.) Diese Beobachtungsart gibt zugleich ein gutes Mittel nebst der Polhöhe des Beobachtungsortes auch die Declination (Einl §. 13) des Sterns zu bestimmen. Es ist nämlich der Unterschied de beiden Höhen HD und HB gleich BD oder gleich 2ND, das heißt: di

Digitized by Google

ihre **Differenz** der zwei beobachteten Höhen ist gleich dem Abstande des Sterns D von dem Pole N, oder gleich ND, und da NQ gleich 90° ist, so ist QD gleich 90° weniger ND, oder mit andern Worten: Man erhält die Declination des beobachteten Sterns, wenn man die halbe Differenz seiner beiden Höhen von 90 Graden subtrahirt. In unserm Beispiele waren die beiden Höhen 49° 48′.8 und 46° 36′.4, also ist ihre halbe **Differenz** 1° 36′.2 und diese von 90 Graden abgezogen, gibt 88° 23′.8 für die gesuchte Declination des Polarsterns.

§. 46. (Bestimmung der Declination aller übrigen Sterne durch Beobachtung.) Die vorhergehende Methode ist, wie man sieht, nur auf die dem Pole nahen Sterne, welche nicht mehr untergehen, oder nur auf die sogenannten **Circumpolarsterne** anwendbar. Allein sie läßt sich, wenn durch sie einmal die Polhöhe des Beobachtungsortes bekannt ist, auch auf alle übrigen Gestirne des Himmels fortführen.

Da man nämlich bereits die **Polhöhe** HN (Fig. 1, 2) seines Ortes kennt, so kennt man auch die **Aequatorhöhe** RQ desselben, weil nach Einl. §. 18. I.) die Summe dieser beiden Höhen immer einen rechten Winkel beträgt, oder weil die Aequatorhöhe immer gleich 90° weniger der Polhöhe ist. So haben wir oben für die Polhöhe von Wien 48° 12′.6 gefunden, woraus also sofort folgt, daß die Aequatorhöhe dieses Ortes 41° 47′.4 beträgt, das heißt also, die Bewohner Wiens sehen den Nordpol N des Aequators in der Höhe von 48° 12′.6 über ihrem Horizonte, und daher auch den höchsten Punkt Q des Aequators in der Höhe von 41° 47′.4.

Dieses vorausgesetzt, wollen wir nun unsern Quadranten (Fig. 7) aus seiner frühern Lage um die Linie CB als um eine Axe drehen, bis die Ebene des Instrumentes wieder in dem Meridian liegt, aber die Seite C gegen Süd und A gegen Nord gewendet wird, und dann die Linie AC, wie zuvor, wieder horizontal stellen. Beobachtet man mit dem Instrumente in dieser Lage die Höhe RS (Fig. 1) eines Sterns auf der Südseite des Zeniths zur Zeit seines Durchgangs durch den Meridian ZR, so wird man nur von dieser Höhe RS die bereits bekannte Aequatorhöhe RQ abziehen, um sofort die gesuchte nördliche Declination QS des Sterns zu erhalten. Geht aber der Stern unter dem Aequator, zwischen den Punkten R und Q, durch den Meridian, so wird man umgekehrt die beobachtete Höhe des Sterns von der Aequatorhöhe abziehen, um die südliche Declination (Einl. §. 13) des Sterns zu erhalten, wie dieß alles bereits in der Einleitung (§. 27) angeführt worden ist.

§. 47. (Genauere Bestimmung der Lage der Sonnenbahn gegen den Aequator.) Was so eben von den auf der Südseite des Zeniths culminirenden Sternen gesagt worden ist, gilt unverändert auch von dem großen Gestirn des Tages, von unserer Sonne. Jeden Mittag wird man mit einem Instrumente ihre Meridianhöhe messen, und, indem man dieselbe mit der bereits bekannten Aequatorhöhe vergleicht, daraus ihre Declination ableiten, und auf diese Weise so viele Punkte, in Beziehung auf den Aequator, bestimmen, als man Beobachtungstage hat, und diese Punkte oder ihre entgegengesetzten am Himmel werden alle in der gesuchten Ebene der Sonnenbahn liegen, und daher die Lage dieser Bahn am Himmel bezeichnen.

Zu unserem Zwecke wird es aber schon genügen, die Sonne nur zur Zeit des Solstitiums (§. 42) zu beobachten, wo sie am weitesten von dem Aequator entfernt ist, oder wo sie von den beiden Aequinoctien um 90 Grade absteht. Wenn die Sonne zur Zeit des Solstitiums im Meridian oder Mittag ist, so stehen die beiden Aequinoctien in dem Ost-

Digitized by Google

und West-Punkte des Horizonts. Für diese Lage ist aber der Bogen des Meridians, der zwischen der Ekliptik und dem Aequator enthalten ist, d. h. für diese Lage ist die Declination der Sonne gleich der Neigung (Einl. §. 18) jener beiden Ebenen, oder gleich der sogenannten Schiefe der Ekliptik, die durch den Winkel LVQ (Fig. 1 oder 2) der Ekliptik mit dem Aequator ausgedrückt wird. Man braucht daher nur im Augenblicke des Solstitiums die Höhe der Sonne im Meridian zu beobachten, wo dann die Differenz dieser Höhe und der Aequatorhöhe (wie in §. 46) sogleich die größte Declination der Sonne, d. h. die gesuchte Schiefe der Ekliptik, geben wird. So beobachtete man im Jahre 1830 auf der Sternwarte in Wien die mittägige Höhe des Mittelpunkts der Sonne

am 20. Juni 65° 14′ 27″
„ 21. „ 65° 14′ 51″
„ 22. „ 65° 14′ 52″
„ 23. „ 65° 14′ 28″

die größte dieser Höhen ist die vom 22. Junius. Subtrahirt man davon die bekannte Aequatorhöhe Wiens 41° 47′ 24″, so erhält man sofort die gesuchte Schiefe der Ekliptik gleich 23° 27′ 28″.

1. Das Vorhergehende setzt allerdings voraus, daß die Zeit des Solstitiums mit der Zeit des Mittags genau zusammenfalle, da jenes doch auch in den Vor- oder Nachmittagsstunden eintreten kann. Aber da die Aenderungen der Declinationen zur Zeit der Sonnenwende, wie man aus dem vorigen Beispiele sehen kann, so gering sind, so wird auch die größte mittägige Höhe der Sonne von der eigentlichen Solstitialhöhe nur wenig verschieden seyn, und daher, wenigstens in einer ersten Näherung, ohne merklichen Fehler eine für die andere genommen werden können. Wir werden übrigens bald (§. 51. III.) ein Mittel finden, die hier etwa noch fehlende Größe nachzutragen.

Da uns demnach drei Punkte gegeben sind, in welchen die Ebene der Sonnenbahn liegt, nämlich die beiden schon früher bekannten Aequinoctialpunkte und einer der Wendepunkte derselben, und da drei Punkte die Lage einer Ebene vollkommen bestimmen, so ist dadurch auch die Lage der Ekliptik gegen den Aequator gegeben.

§. 48. (Bestimmung der Schiefe der Ekliptik und der Polhöhe zugleich.) Es wurde bereits bemerkt, daß man nur einen der beiden Solstitialpunkte am Himmel zu beobachten braucht, um daraus, und aus der bereits bekannten Polhöhe die Schiefe der Ekliptik abzuleiten. Diese Polhöhe aber haben wir bereits oben (§. 44.), aus den Beobachtungen der Circumpolarsterne in ihren beiden Culminationen gefunden. Allein man kann sich auch von diesen letzten Beobachtungen ganz unabhängig machen, und allein durch die Sonne, sowohl die Schiefe der Ekliptik, als auch die Polhöhe erhalten, wenn man nicht bloß, wie zuvor, ein einziges Solstitium, sondern wenn man, in dem Laufe eines halben Jahres, beide Sonnenwenden beobachtet. Da nämlich die Ekliptik und der Aequator größte Kreise des Himmels sind, also auch (Einl. §. 6) sich gegenseitig in zwei gleiche Theile theilen, so werden nicht bloß die Nachtgleichen, sondern auch die beiden Wende-Punkte einander genau gegenüberstehen, und die eine, nördliche Hälfte der Ekliptik wird sich eben so hoch über den Aequator erheben, als die andere unter ihn herabsteigt, so daß daher der Aequator selbst in der Mitte zwischen den beiden Solstitien liegen wird. Hat man daher die Sonne zur Zeit der beiden Solstitien beobachtet, so wird die halbe Differenz dieser beiden Höhen die Schiefe der Ekliptik seyn, die man sonach, ohne die Polhöhe zu kennen, finden kann. Die halbe Summe jener beiden Höhen aber wird zugleich

Digitized by Google

die gesuchte Höhe des Aequators seyn, die, von 90 Graden subtrahirt, die Polhöhe des Beobachtungsortes geben wird (Einl. §. 18. I). So beobachtete man in Wien im Jahre 1830 folgende Solstitialhöhen der Sonne:

am 22. Junius 65° 14′ 52″ und
am 22. Dezember 18° 19′ 56″

Die halbe Differenz dieser beiden Zahlen, oder 23° 27′ 28″, ist die Schiefe der Ekliptik, und die halbe Summe derselben, oder 41° 47′ 24″, die Aequatorhöhe, also auch 48° 12′ 36″ die gesuchte Polhöhe des Beobachtungsortes.

§. 49. (Gnomon.) So einfach das (in §. 43) erwähnte Instrument, oder der Quadrant, mit welchem man die Höhe der Sterne messen kann, auch seyn mag, so wird man doch wohl bemerkt haben, daß es, wenn es anders sehr genaue Resultate liefern soll, in seiner Construction sowohl, als auch in seinem Gebrauche selbst manchen Schwierigkeiten ausgesetzt ist, welche für die früheren Künstler und Astronomen nicht so leicht zu beseitigen gewesen seyn mögen. Auch ist es nur sehr spät in die beobachtende Astronomie eingeführt, und erst um die Mitte des vorigen Jahrhunderts mit einer der Würde der Wissenschaft angemessenen Genauigkeit, besonders von den englischen Künstlern, verfertigt worden. Die Alten mußten sich mit viel einfacheren Werkzeugen begnügen, und da sie sich vorzüglich mit den Beobachtungen der Sonne beschäftigten, so suchten sie auch ihre Instrumente diesen Beobachtungen gemäß einzurichten.

Das älteste und das einfachste dieser Instrumente war ohne Zweifel der Gnomon, der in einer bloßen Säule oder in einem geradlinigen Stabe bestand, den man vertical auf einer horizontalen Ebene aufstellte. Aus dem Schatten, den der Gnomon, wenn er von der Sonne beschienen wurde, auf seine Ebene warf, suchte man die Höhe der Sonne über dieser horizontalen Ebene abzuleiten.

Um dieß besser zu übersehen, sey CD (Fig. 6) die Höhe des verticalen Gnomons z. B. von 30 Fuß und DB die Länge seines horizontalen Schattens von 15 Fuß. Verbindet man die beiden äußersten Punkte C und B des Gnomons und des Schattens durch die gerade Linie BC, so erhält man ein geradliniges, in D rechtwinkliges Dreieck BCD, und es wird nun darauf ankommen, die Größe des Winkels B dieses Dreiecks zu bestimmen. Denn dieser Winkel ist der gesuchten Höhe der Sonne gleich, weil ein Auge in B den Mittelpunkt der Sonne in der Richtung der Linie BC, also in der Höhe DBC über der horizontalen Linie BD sehen würde.

I. Aufgaben dieser Art gehören in die sogenannte ebene Trigonometrie, die einen interessanten Theil der Geometrie ausmacht, und die uns lehrt, wie man, wenn von den Seiten und Winkeln eines Dreiecks drei Stücke gegeben sind, die andern drei durch Rechnung finden kann. So sind hier zwei Seiten CD und BD mit dem von ihnen eingeschlossenen rechten Winkel gegeben, und der einer dieser Seiten gegenüberstehende Winkel ist zu finden. Da es gegen unsere Absicht ist, die Lehren der Trigonometrie hier vorzutragen, oder auch sie bei unsern Lesern als schon bekannt vorauszusetzen, so wollen wir ein anderes Mittel angeben, Dreiecke dieser Art auch ohne jene Kenntnisse aufzulösen.

Man sieht leicht, daß der gesuchte Winkel auch in jedem andern, selbst viel kleinern, rechtwinklichen Dreiecke dieselbe Größe, d. h. dieselbe Anzahl von Graden haben werde, wenn nur das Verhältniß der beiden gegebenen Seiten CD und BD in dem kleineren Dreiecke dasselbe wie in

Digitized by Google

dem großen ist. In dem Dreiecke des Gnomons ist aber dieses Verhältniß gleich dem der beiden Zahlen 30 zu 15 oder einfacher gleich 2 zu 1. Man verzeichne sich also auf irgend einer Ebene, z. B. auf der des Papiers, zwei unter einem rechten Winkel in dem Punkte d sich durchschneidende Linien, nehme von diesem Punkte d auf der einen dieser Linien mittelst des Maßstabs z. B. die Länge db von 5 Zoll, und auf der andern die Länge dc von 10 Zoll, und vereinige dann die beiden Endpunkte b und c dieser Linie durch die gerade bc, so erhält man ein anderes Dreieck bcd, welches dem gegebenen Dreiecke des Gnomons vollkommen ähnlich ist, d. h. welches dieselben Winkel mit jenem hat, wenn gleich die Seiten der beiden Dreiecke sehr von einander verschieden sind. In diesem kleineren Dreiecke bcd kann man aber den Winkel an b mittelst des bekannten Winkelmessers (Transporteur's) bestimmen, und man wird ihn sehr nahe gleich 63° 26′ finden, und ganz eben so groß wird also auch der Winkel B in dem großen Dreiecke BCD des Gnomons seyn. Es ist für sich klar, daß man diesen Winkel desto genauer finden wird, je größer man das kleinere Dreieck macht, je besser der Winkelmesser gearbeitet ist, und je mehr Sorgfalt man bei diesem Verfahren anwendet. Die oben erwähnte trigonometrische Rechnung aber wird diese Resultate immer mit noch viel größerer Genauigkeit geben, daher es wünschenswerth wäre, sich damit näher bekannt zu machen, um so mehr, da sich diese Kenntnisse so häufig mit Nutzen anwenden, und mit einiger Aufmerksamkeit von jedem Leser in kurzer Zeit erwerben lassen.

Man findet auf diese Weise, daß die Tangente (Einl. §. 32) des Winkels b oder B gleich ist der Seite CD dividirt durch BD, oder daß man hat

$$\text{Tang. B} = \frac{\text{CD}}{\text{BD}} = \frac{30}{15} = 2$$

und wenn man nun in den oben (Einl. §. 32) erwähnten trigonometrischen Tafeln den Winkel aufsucht, dessen Tangente gleich 2 ist, so findet man für diesen Winkel 63° 26′ 5″.82.

Um das Vorhergehende auf eine Beobachtung mit dem Gnomon anzuwenden, wollen wir die allerälteste astronomische Beobachtung, die überhaupt auf uns gekommen ist, zu diesem Zwecke auswählen. Der Jesuit Gaubil, der sich in der Mitte des vorigen Jahrhunderts lange bei der Mission in China aufgehalten hat, berichtet uns aus einem alten chinesischen Manuscripte, daß der Kaiser Tschu-Kong in dem Jahre 1100 vor dem Anfange der christlichen Zeitrechnung, also zur Zeit, als Codrus in Athen und David in Judäa lebten, die Höhe der Sonne in ihren beiden Solstitien mit einem Gnomon beobachtet habe. Der Ort dieser Beobachtung war die Stadt Loyang, oder, wie sie heute genannt wird, Honan-Fu in der Provinz Honan, dem sogenannten Garten des Reiches, dessen Hauptstadt Kai-fong-fu ist. Die Höhe seines Gnomons betrug 8 chinesische Schuhe über seiner horizontalen Basis, und die Länge des beobachteten Schattens war, nach der daran angebrachten Correction (wegen des Halbmessers der Sonne und der Refraction) 1.54 chinesische Fuß im Sommer- und 13.12 Fuß im Wintersolstitium. Ohne die wahre Größe des chinesischen Fußes zu kennen, kann man mit diesen Zahlen nach dem so eben Erwähnten verfahren, wodurch man für die Solstitialhöhe der Sonne im Sommer 79° 6′ 20″ und im Winter 31° 22′ 20″ finden wird. Daraus folgt sofort (nach §. 48), daß die halbe Differenz dieser beiden Zahlen, oder 23° 52′ 0″ die Schiefe der Ekliptik, und die halbe Summe derselben, oder 55° 14′ 20″ die Aequatorhöhe des Beob-

Digitized by Google

achtungsortes, also auch dessen Complement zu 90 Graden oder 34° 45′ 40″ die Polhöhe von Honan-Fu ist.

§. 50. (Säculäre Abnahme der Schiefe der Ekliptik) Man hat gegen diese Nachricht des P. Gaubil und gegen die Authenticität dieser altergrauen Beobachtung Zweifel erhoben, weil die von Tschu-Kong gefundene Schiefe der Ekliptik viel größer ist, als die, welche wir in unsern Tagen beobachten. Allein außerdem, daß die Polhöhe der Stadt Honan-Fu nach den neuern Beobachtungen derselben Missionäre sehr gut mit der von Tschu-Kong übereinstimmt, ist es auch jetzt sehr gut bekannt, daß die Schiefe der Ekliptik seit beinahe drei Jahrtausenden immer abgenommen hat. Die folgende Tafel zeigt diese Schiefe, wie sie von den verschiedenen aufeinander folgenden Beobachtern gefunden wurde.

	Schiefe der Ekliptik.
Tschu-Kong in China, 1100 vor Chr. G.	23° 52′ 0″
Der Grieche Pytheas in Marseille, 350 v. Chr. . .	23° 49′ 20″
Der Araber Ibn-Junis in Aegypten, 1000 nach Chr. .	23° 34′ 26″
Coschu-King in China, 1280	23° 32′ 2″
Ulug-Beigh in Samarkand, 1437	23° 31′ 48″
Bradley in England, 1750	23° 28′ 18″
In unsern Zeiten, 1830	23° 27′ 40″

Man sieht die mit der Zeit fortgehende Abnahme der Schiefe und wenn die Regelmäßigkeit derselben nicht immer genau der Zwischenzeit proportionirt ist, so mag dieses der Unvollkommenheit jener älteren Beobachtungen zuzuschreiben seyn. In unsern Tagen ist die Verfertigung der Instrumente, und die Beobachtungskunst selbst so weit vorgerückt, daß man diese der Zeit proportionale Abnahme der Schiefe von zehn zu zehn Jahren deutlich bemerken kann. Endlich hat man auch durch Hülfe der mathematischen Analysis in der höheren Mechanik die wahre Ursache dieser Erscheinung gefunden. Durch die Wirkung der Planeten unseres Sonnensystems auf die Bahn der Sonne wird nämlich diese Bahn dem Aequator immer näher gebracht, und diese Annäherung beträgt nach den neuesten Untersuchungen in einem Jahrhundert 48.368 Secunden. Geht man daher von dem Jahre 1750 aus, in welchem die Schiefe der Ekliptik 23° 28′ 18″ betrug, so wird man die Schiefe für jede andere Zeit, die T Jahre von 1750 entfernt ist, erhalten, wenn man das Produkt der Größe 0″.48368 mit T von 23° 28′ 18″ subtrahirt. Liegt das gesuchte Jahr vor jener Epoche von 1750, so muß dieses Produkt addirt werden. Um dieses auf das vorhergehende Beispiel anzuwenden, so hat man für den Zwischenraum von Tschu-Kong bis Bradley 1750 + 1100 = 2850 Jahre, die mit 0″.48368 multiplicirt, 0° 22′ 58″ geben. Addirt man diese Größe zu 23° 28′ 18″, so erhält man für die durch jene Theorie bestimmte Schiefe Tschu-Kong's 23° 51′ 16″, also nur 44 Secunden kleiner, als sie durch den Gnomon gefunden wurde. Eine so geringe Differenz bei einer so alten Beobachtung, die überdieß ihrer Natur nach keiner sehr großen Schärfe fähig ist, zeugt von der Richtigkeit der Theorie, so wie sie auch zugleich die Authenticität jener Beobachtung selbst, die man früher bezweifeln wollte, sehr schön bestätigt.

I. Wenn aber diese Abnahme der Schiefe immer mit der Zeit proportional fortgeht, so wird die Folge davon seyn, daß einmal diese Schiefe ganz verschwindet, oder daß die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfällt. Eine leichte Rechnung zeigt, daß

dieß in $\frac{23° 28′ 18″}{0.48368}$ oder in 177547 Jahren nach dem Jahre 1750 unserer Epoche, also nahe in dem Jahre 179300 unserer Zeitrechnung, der

Digitized by Google

Fall seyn wird, und da dann die Sonne immer in dem Aequator einhergehen muß, so würde, von dieser Zeit an, Tag und Nacht das ganze Jahr durch einander gleich seyn, oder die Erde würde einen ewigen Frühling feiern und die beiden Extreme der Temperatur, der Sommer und der Winter, würden ganz von ihr verschwinden.

II. Allein diese Hoffnung des ewigen Frühlings ist ungegründet und wohl eben so eitel, als die des ewigen Friedens, den uns der Abbé St. Pierre so reizend geschildert hat. Es ist nämlich, wie dieselbe Theorie zeigt, nur annähernd wahr, daß die Schiefe der Ekliptik mit der Zeit immerfort proportional abnimmt und die oben aufgestellte Formel gilt, streng genommen, kaum für das ganze gegenwärtige Jahrhundert. Für die früheren und folgenden Jahrhunderte muß die angeführte Zahl 0.48368 immer, obschon nur wenig, geändert werden. Eine genauere Untersuchung dieses Gegenstandes zeigt, daß der analytische Ausdruck dieser Aenderung der Schiefe eigentlich gar kein der Zeit proportionales Glied, sondern bloß periodische Glieder enthält, das heißt, solche, die eine wenn gleich sehr lange Zeit durch wachsen und dann wieder abnehmen, um endlich, wenn sie ihren kleinsten Werth erreicht haben, wieder allmählig zu ihrem größten heraufzusteigen. Diesem gemäß geht also der wahre Werth der Schiefe der Ekliptik zwischen den beiden Gränzen von 21 und 28 Graden auf und ab, ohne dieselben je zu überschreiten und sie wird daher in der Folge der Zeiten eben so wenig mit dem Aequator zusammenfallen, als sie je in der frühesten Vorzeit senkrecht auf demselben gestanden ist. Diese Bewegung der Ekliptik ist aber so langsam, daß die Perioden, in welchen sie zwischen jenen beiden Bogen von sieben Graden wie ein ungeheures Pendel auf und niederschwingt, viele Jahrtausende umfassen. Nach den Untersuchungen, die Lagrange über diese Perioden angestellt hat, war die Schiefe i. J. 29400 vor Chr. in ihrem größten Werthe von 27° 31′. Seit jener Zeit nahm sie durch 15000 Jahre ab, bis sie i. J. 14400 v. Chr. ihren kleinsten Werth 21° 20′ erreichte. Von da wuchs sie wieder durch 12400 Jahre, und war i. J. 2000 v. Chr. in ihrem größten Werthe 23° 53′. Seit dieser Epoche nimmt sie durch 86000 Jahre ab und wird i. J. 6600 nach Chr. ihren kleinsten Werth 22° 54′ haben, und endlich von da durch 12700 Jahre wieder wachsen, bis sie i. J. 19300 nach Chr. ihren größten Werth 25° 21′ erreichen wird.

Zum Schlusse dieses Gegenstandes theilen wir noch einige Nachrichten über die oben erwähnten Astronomen des Alterthums mit, da wir im Folgenden keine Gelegenheit mehr haben werden, wieder auf sie zurück zu kommen.

Tschu-Kong, Bruder des Uwang, des Stifters der Dynastie Tschu, beherrschte China, während der Minderjährigkeit seines Neffen, von dem Jahre 1104 bis 1098 vor unserer Zeitrechnung. Das Andenken dieses vortrefflichen Fürsten ist jetzt noch, nach beinahe drei Jahrtausenden, der Gegenstand der Verehrung bei den Chinesen. In dem heiligsten ihrer Bücher, dem Schu-king, dessen Verfasser der berühmte Confucius ist, wird dieser Fürst eingeführt, wie er seinen Zöglingen die weisesten Grundsätze der Moral und der Regierungskunst mittheilt. Von den vielen Beobachtungen, die er selbst gemacht hatte oder von seinen Astronomen machen ließ, sind nur drei auf uns gekommen, die ältesten von allen, die sich aus der Vorzeit erhalten haben. Die zwei ersten sind die oben erwähnten Beobachtungen der Höhe der Solstitien in Loyang, und die dritte ist eine Bestimmung der Länge der Sonne zur Zeit des Wintersolstitiums von derselben Epoche. Indem er die Sonne mit dem Stern ε

Digitized by Google

Sternbilde des Wassermanns verglich, fand er die Rectascension dieses Sterns gleich 268° 2′, was mit der neueren Theorie der Astronomen sowohl übereinstimmt, als die aus den beiden vorhergehenden Beobachtungen abgeleitete Schiefe der Ekliptik.

Nach ihm verfiel die Astronomie in diesem Lande, besonders als ein barbarische Kaiser Chi-Hoanti i. J. 213 vor Chr. Geb. alle Bücher des Reiches verbrennen ließ. Erst im fünften Jahrhundert nach unserer Zeitrechnung erhob sich die Wissenschaft wieder unter dem Astronomen Tschu-Tschong, der um d. J. 460 zu Nankin beobachtete und die Länge des Jahres gleich 365.24282 Tage fand, nur 0.00057 Tage oder 49.2 Secunden größer als nach den neuesten Bestimmungen. — Während später im dreizehnten Jahrhunderte Holaku-Hekukan die Astronomie in Persien aufblühen machte, gewährte ihr sein Bruder Hobilai in China denselben Schutz, indem er den oben (S. 69) erwähnten Coschu-king, den berühmtesten Astronomen China's, i. J. 1271 zum Vorsteher des mathematischen Tribunals dieses Landes ernannte. Coschu-King ließ viel größere und vorzüglichere Instrumente bauen, als man bisher kannte. Das kostbarste derselben war ein Gnomon von 40 chin. Fuß Höhe, der an seinem obern Ende eine Kupferplatte mit einer kleinen Oeffnung trug. Unter ihm ist die oben (S. 69) angeführte Beobachtung gemacht worden. Er bestimmte überdieß die Länge der Sonne zur Zeit der Solstitien und die Länge des Jahres zu 365.2425 Tagen, genau mit unserem gregorianischen Jahre übereinstimmend.

Ibn-Junis, einer der ausgezeichnetsten Astronomen der Araber, beobachtete in Kahira gegen das Jahr 1000 nach Chr. unter dem ägyptischen Kalifen Hakem. Sein Werk über Astronomie wurde erst zu Ende des letzten Jahrhunderts in einer Bibliothek zu Leyden gefunden, und ein Theil desselben von Caussin und Sedillot übersetzt. Seine in diesem Werke gegebenen Sonnen- und Planeten-Tafeln werden im Oriente wegen ihrer großen Genauigkeit gerühmt, und es enthält überdieß viele sehr schätzbare Nachrichten über die astronomischen Arbeiten der Araber und eine große Anzahl von Beobachtungen seit der Zeit des Kalifen Almamun in der Mitte des achten Jahrhunderts bis auf die Zeit des Verfassers.

In Persien endlich erhob sich die Astronomie in der Mitte des eilften Jahrhunderts, wo die Einwohner dieses Landes das Joch der Araber abgeworfen hatten, unter Omar-Cheian, der eine sehr sinnreiche Einrichtung des Kalenders einführte, welche in einem Cyclus von 33 Jahren zu 365 Tagen, acht Schaltjahre zu 366 Tagen enthält, wodurch die Länge des Jahres auf 365.242424 Tage gebracht wird, die daher nur 0.000169 Tage oder 14.6 Secunden zu groß ist. Im dreizehnten Jahrhunderte versammelte der bereits erwähnte König Holaku-Hekukan die besten Astronomen seines Reiches in Maragha, wo er eine prächtige Sternwarte erbaute, die der Leitung des berühmten Nassireddin anvertraut wurde. Noch mehr endlich zeichnete sich Ulug-Beigh unter den Fürsten dieses Landes als eifriger Beschützer und Selbstkenner der Astronomie aus, der i. J. 1430 in Samarkand, der Hauptstadt seines Reiches, eine Sternwarte erbaute und sie mit den besten Instrumenten seiner Zeit versah. Er war selbst einer der geschicktesten Beobachter, und man verdankt ihm, nebst der oben angeführten Bestimmung der Schiefe der Ekliptik, auch noch einen neuen Sternkatalog und die besten Tafeln der Sonne, des Mondes und der Planeten, die man bis zur Zeit von Tycho-Brahe erhalten hat.

§. 51. (Bestimmung der Nachtgleichenpunkte durch Beobachtungen.) In-

Digitized by Google

dem wir nach dieser Digression zu unserem Gegenstande, der Bestimmung der Sonnenbahn, zurückkehren, müssen wir bemerken, daß wir uns bisher nur mit dem Winkel beschäftigt haben, welchen die Ekliptik mit dem Aequator bildet, da wir doch zu einer vollständigen Bestimmung der Lage der Sonnenbahn gegen den Aequator auch noch die zwei Punkte kennen müssen, in welchen diese beiden Ebenen einander schneiden. Zwar haben wir im Vorhergehenden (§. 42) schon ein Mittel angegeben, diese beiden Punkte, d. h. die Nachtgleichen, im Aequator, wenigstens beinahe aufzufinden, indem sie, wie wir gesehen haben, an den beiden Tagen, wo die Sonne in den Solstitien ist, am Mittage mit dem schon sonst bekannten Ost- und West-Punkte des Horizonts zusammenfallen. Allein diese Bestimmung ist, wie man ohne meine Erinnerung bemerken wird, nur sehr ungenau und unzuverlässig, und daher keineswegs geeignet, diese beiden wichtigen Punkte mit derjenigen Schärfe anzugeben, die sie in so hohem Grade verdienen, da (nach Einl. §. 22. I. II.) diese Punkte es sind, von welchen man den Anfang der Rectascension sowohl, als auch der Länge aller Gestirne zählt, und von deren genauer Bestimmung daher unsere ganze Kenntniß des Himmels abhängt.

Sobald man aber durch irgend ein Verfahren dahin gelangt ist, den einen dieser beiden Punkte, z. B. den Frühlingspunkt, am Himmel mit Genauigkeit anzugeben, so kennt man dadurch auch sofort den Herbstpunkt, da, wie wir bereits wissen (Einl. §. 6), beide Punkte, als Durchschnittspunkte zweier größten Kreise, einander gegenüber liegen, oder da sie in Länge sowohl, als in Rectascension genau um 180 Grade verschieden seyn müssen. Wir wollen also sehen, wie man die Lage des ersten dieser Punkte oder die des Frühlingspunktes am Himmel bestimmen kann.

Man wird aber die Lage des Frühlingspunktes kennen, wenn man die Rectascension irgend eines der zahllosen fixen Sterne des Himmels kennt, da man nur von diesem Sterne, als von einem festen Punkte, auf den Aequator um den Bogen, der die Rectascension dieses Sterns ausdrückt, zurückgehen darf, um am Ende dieses Bogens den gesuchten Frühlingspunkt zu erhalten. Weiß man z. B., daß der schöne Stern Schedir oder α auf der Brust der Cassiopeia die Rectascension von 7° 46′ 45″ hat, so wird man nur von dem Punkte, in welchem der Declinationskreis dieses Sterns den Aequator schneidet, in dem Aequator um den Bogen 7° 46′ 45″ rückwärts oder gegen West gehen, um am Ende desselben den Frühlingspunkt zu finden.

Wie sollen wir nun aber diese erste Rectascension irgend eines jener Sterne bestimmen, indem wir doch den Frühlingspunkt selbst, von dem sie gezählt werden muß, noch nicht kennen? — Da wir offenbar von diesen beiden Dingen, Ort des Frühlingspunkts und Rectascension eines Sterns, eines ohne das andere nicht finden können, so wird wohl nichts übrig bleiben, als zuzusehen, ob man nicht beide zugleich suchen kann.

Da der Frühlingspunkt nur durch die Beobachtung der Sonne bestimmt werden kann, indem er eben derjenige Punkt des Himmels ist, in welchem die Sonne zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche steht, so wollen wir also wieder unsern Quadranten (§. 43) in der Ebene des Meridians gegen Süden aufstellen, und an ihm um die Zeit dieser Nachtgleiche an mehreren Mittagen die Höhe des Mittelpunkts der Sonne beobachten, und überdieß an einer Uhr zugleich die Zeit bemerken, wenn dieser Mittelpunkt der Sonne durch den Meridian geht. Am Abend eines jeden dieser Tage wollen wir auch noch an derselben Uhr die Culmination ir-

Digitized by Google

gend eines Sterns oder die Durchgangszeit desselben durch den Meridian des Quadranten bemerken, wobei wir voraussetzen, daß der Gang dieser Uhr gleichförmig ist und daß sie zwischen zwei nächsten Culminationen desselben Fixsterns genau 24 Stunden gebe. Dieß vorausgesetzt, wird also die Uhrzeit, die zwischen der Culmination der Sonne und der des Sterns an jedem dieser Beobachtungstage verfließt, zugleich die Differenz der Rectascension dieser beiden Gestirne für den Augenblick des Mittags eines jeden dieser Tage seyn.

Da die Sonne eine eigene Bewegung hat, oder ihre Rectascension immer ändert, und da im Gegentheile der Stern am Himmel fest steht, so wird die Zwischenzeit zwischen der Culmination der Sonne und des Sterns an jedem jener Mittage eine andere seyn, und man wird bald bemerken, daß diese Zwischenzeit von einem Tage zum andern sich sehr nahe gleichförmig ändert, weil nämlich die Rectascension der Sonne ebenfalls täglich nahe um dieselbe Größe, also gleichförmig wächst.

Wir haben sonach für alle diese Tage eine Reihe von Differenzen der Rectascension der Sonne und des Sterns, für den Augenblick des Mittags eines jeden dieser Tage erhalten, und die so eben bemerkte regelmäßige Aenderung dieser Differenzen wird uns in den Stand setzen, durch eine einfache Proportion auch diejenige Differenz anzugeben, welche für irgend einen, von dem Mittage verschiedenen, Augenblick jener Beobachtungstage Statt haben muß.

Wüßten wir also nur den Augenblick, wo der Mittelpunkt der Sonne durch den Frühlingspunkt ging, so würden wir sofort für denselben Augenblick auch die Differenz der Rectascensionen beider Gestirne durch jene einfache Rechnung angeben können, und diese Differenz der beiden Gestirne wird, da eines derselben, die Sonne, im Frühlingspunkte steht, zugleich die Rectascension des andern, oder die gesuchte Rectascension des Sterns seyn.

Demnach ist also die Auflösung unserer Aufgabe dahin reducirt, den Augenblick anzugeben, wann der Mittelpunkt der Sonne durch den Frühlingspunkt geht. Die Angabe dieses Moments hat aber keine weitere Schwierigkeit mehr. Denn da wir, wie oben gesagt, an jedem Mittage auch die Höhe der Sonne an dem Quadranten beobachtet haben, und da wir die Aequatorhöhe unseres Beobachtungsortes bereits aus früheren Beobachtungen (nach §. 44 oder auch nach §. 48) kennen, so wird man durch eine einfache Differenz dieser beiden Größen (nach Einl. §. 27) auch die Declination der Sonne für den Mittag eines jeden Tages erhalten, und der gesuchte Augenblick des Durchgangs der Sonne durch den Frühlingspunkt, d. h. durch den Aequator, wird derjenige seyn, in welchem diese beobachtete Declination der Sonne verschwindet.

Ist also zufällig irgend eine dieser mittägigen Declinationen der Sonne gleich Null, so ist der Mittag dieses Tages zugleich der Augenblick der Culmination des Frühlingspunktes und die Differenz jener Urzeiten für diesen Mittag die gesuchte Rectascension des mit der Sonne verglichenen Fixsterns.

Ist aber, wie dieses meistens der Fall ist, keine der beobachteten mittägigen Declinationen der Sonne gleich Null, so wird man aus der erhaltenen Reihe von Declinationen die beiden kleinsten nehmen und aus ihnen, durch eine einfache Proportion, leicht den vor oder nach dem Mittage fallenden Augenblick der verschwindenden Declination ableiten. Kennt man aber diesen Augenblick, d. h. kennt man die Zeit des Durchgangs der Sonne durch den Frühlingspunkt, so wird man aus den oben erwähnten Differenzen der mittägigen Zwischenzeiten der Culminationen

Digitized by Google

beider Geſtirne, durch eine ähnliche Proportion, auch die Zwiſchenzei für dieſen Augenblick finden, und dieſe wird die geſuchte Rectaſcenſio des beobachteten Sterns ſeyn.

§. 52. (Erläuterung dieſer Methode durch ein Beiſpiel.) Um das Vor hergehende durch ein Beiſpiel zu erläutern, wollen wir annehmen, da man i. J. 1830 in Wien folgende Höhen des Mittelpunkts der Sonn und die Uhrzeiten der Culminationen derſelben und des Sterns α Wid der beobachtet habe.

1830	Höhe der Sonne		Culminationen α Aries	Culminationen Sonne
März 19 . .	41° 8′ 31″	. .	9ʰ 56′ 22″.5 Morg.	12ʰ 0′ 0″
„ 20 . .	41 32 13	. .	10 0 0.9 „	12 0 0
„ 21 . .	41 55 54	. .	10 3 38.9 „	12 0 0

Da die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes 41° 47′ 24″ iſt, fi findet man aus den beobachteten Höhen der Sonne folgende mittägig Declinationen derſelben:

	Declinationen.
März 19 . . .	0° 38′ 53″ ſüdl.
„ 20 . . .	0 15 11 —
„ 21 . . .	0 8 30 nördl.

Man ſieht daraus, daß das Aequinoctium zwiſchen die Mittage des 20. und 21. März fällt. Um die Zeit derſelben genauer zu finden, ha man aus den beiden letzten Beobachtungen die Proportion

$$23' 41'' : 24^h = 15' 11'' : X$$

woraus folgt $X = 15^h.3861$ oder $X = 15^h 23' 10''$ oder die Sonne ging durch den Frühlingspunkt am 20. März um $15^h 23' 10''$.

Um nun für dieſen Augenblick auch die Uhrzeit der Culmination des Sterns zu finden, ſo geben die vorhergehenden Beobachtungen die Dif ferenz dieſer Culminationen für den 20. und 21. März gleich $0^h 3' 38''$ ſo daß man daher hat

$$24^h : 0^h 3' 38'' = 15^h 23' 10'' : X$$

woraus folgt $X = 0^h 2' 19''.7$.

Addirt man zu dieſer Größe die Culminationszeit $10^h 0' 0''.9$ des 20. März, ſo erhält man für die geſuchte Culminationszeit des Sterns zur Zeit des Aequinoctiums $10^h 2' 20''.6$, die dann, von der Culmina tionszeit 12^h der Sonne an demſelben Tage ſubtrahirt, $1^h 57' 39''.4$ gibt ſo daß man alſo hat

	0ʰ	2′ 19.7
	10	0 0.9
	10	2 20″.6
	12	0 0
	1ʰ	57′ 39″.4

oder um ſo viel Uhrzeit ging zur Zeit des Aequinoctiums der Stern vo der Sonne, d. h. vor dem Frühlingspunkte voraus, alſo iſt auch di geſuchte Rectaſcenſion des Sterns gleich derſelben Größe oder gleich 1ʰ 57′ 39″.4 oder, wenn man dieſe Zahl durch 15 multiplicirt, um ſie i Graden auszudrücken (Einl. §. 19) gleich 29° 24′ 51″.0.

I. Man ſieht, daß dieſe Methode, nebſt einem guten Inſtrument um die Höhen und Durchgangszeiten zu meſſen, auch eine genaue Kenntniß der Polhöhe erfordert. Von der letzten kann man ſich größtentheil unabhängig machen, wenn man dieſelben Beobachtungen auch in de Nähe des Herbſtaequinoctiums wiederholt, wo man, wenn die Polhöh noch etwas unrichtig iſt, in der einen Zeit die Rectaſcenſion des Stern

Digitized by Google

den so viel zu groß, als in der andern zu klein finden wird, und daher die wahre Rectascension erhält, wenn man aus beiden das Mittel nimmt.

II. Kennt man aber auf diese Art einmal die Rectascension irgend eines Sterns, so darf man nur in mehreren auf einander folgenden Nächten die Culminationen dieses Sterns mit denen der andern beobachten, wo dann die Differenzen der Durchgangszeiten derselben durch den Meridian, zu der bereits bekannten Rectascension des ersten Sterns addirt, auch die Rectascensionen aller übrigen Sterne geben werden. Hat man so eine große Anzahl von Fixsternen in Beziehung auf Rectascension, und, durch ihre beobachteten Meridianhöhen, in Beziehung auf Declination (nach §. 46) bestimmt, so wird man sie, nach ihrer Rectascension geordnet, in einen Catalog bringen, um die Angaben desselben für jeden vorkommenden künftigen Fall zu benutzen. Will man nämlich den Ort der Sonne oder den eines Planeten für irgend einen Tag durch Beobachtung bestimmen, so wird man ihn mit irgend einem dieser in dem Sterncatalog bereits verzeichneten, also genau bekannten Sterne durch den Meridian gehen lassen, wo dann die beobachtete Differenz der Durchgangszeit zu der durch den Catalog gegebenen Rectascension des Sterns geschlagen, die gesuchte Rectascension des Planeten geben wird. Eben so wird man die Declination des Planeten entweder unmittelbar durch seine beobachtete Meridianhöhe (nach §. 46), oder, wenn man sich auf die absoluten Höhen seines Instrumentes weniger verlassen kann, durch die beobachtete Differenz der mittägigen Höhen des Sterns und des Planeten erhalten, indem man nämlich diese Differenz zu der aus dem Sterncataloge gegebenen Declination des Sterns addirt.

Man sieht, daß die Verfertigung eines solchen Sterncatalogs eines der wichtigsten Geschäfte der praktischen Astronomie ist, weil der Gebrauch desselben allen andern Beobachtungen zu Grunde liegt. Die vorzüglichsten der neueren Sterncataloge sind die von Piazzi (Catalogus praec. stellarum, Edit. II.); von M. Lalande (Histoire céleste) und Bessel (Astron. Beob. in Königsberg).

III. Wir haben oben (§. 47. I.) bemerkt, daß die dort gegebene Methode, die Schiefe der Ekliptik zu bestimmen, voraussetzt, daß die Zeit des Solstitiums mit der Zeit des Mittags zusammenfalle. Da dieß aber nur selten eintreffen wird, so müssen wir ein Mittel haben, auf diese Abweichung Rücksicht zu nehmen.

Nehmen wir also an, daß man an jedem der dem Solstitium nahen Mittage nebst der Höhe der Sonne auch noch, nach dem (in II.) erklärten Verfahren die Rectascension der Sonne beobachtet habe, so wird man dadurch die Zeit des Solstitiums genau bestimmen können. Die Sonne wird nämlich in den Wendepunkt in dem Augenblick treten, wo ihre Rectascension 90 oder 270 Grade beträgt. Nehmen wir an, daß an dem dem Solstitium nächsten Mittage noch 100 Secunden zu 90° oder 270° fehlen, so wird man zu der beobachteten Declination dieses Mittags noch das Quadrat dieser Zahl 100, multiplicirt durch 0.000002, addiren, um die wahre Declination des Solstitiums, d. h. um die wahre Schiefe der Ekliptik zu erhalten.

Ist in jenem Beispiele (§. 47) an dem der Sonnenwende nächsten Tage, d. h. am Mittage des 22. Junius, die Rectascension der Sonne gleich 89° 24′ 50″, so fehlen noch 0° 35′ 10″ oder 2110 Secunden zu 90°. Das Quadrat dieser Zahl mit 0.000002 multiplicirt, gibt 8″.9. Es war aber die mittägige Declination des 22. Junius gleich 23° 27′ 28″, also ist auch die wahre Schiefe der Ekliptik gleich 23° 27′ 36″.9, und so wird man ebenfalls in allen andern Fällen verfahren. Ja man wird selbst

Digitized by Google

mittelst der hier angeführten Correction auch die Declinationen der übrigen Tage zur Bestimmung der Schiefe benützen können. Für den 23. Junius z. B. war die beobachtete Höhe der Sonne 65° 14′ 28″, also die mittägige Declination derselben 23° 27′ 4″. Hatte man aber an diesem Mittage die Rectascension der Sonne gleich 91° 10′ 20″ beobachtet, so ist jene Zahl = 1° 10′ 20″ = 4220 Secunden, und daher 0.000002 mit dem Quadrat von 4220 multiplicirt, gleich 35″.6, so daß man also hat

mittägige Declination	23° 27′ 4″
Correction	35.6
Schiefe der Ekliptik	23° 27′ 39.6

bis auf 2″.7 mit der vorhergehenden übereinstimmend.

Hat man auf diese Weise aus mehreren Beobachtungen eine größere Anzahl von Werthen für die Schiefe der Ekliptik erhalten, die sämmtlich unter einander nahe genug übereinstimmen müssen, wenn anders die Beobachtungen für gut gehalten werden sollen, so wird man aus ihnen allen das sogenannte Mittel nehmen, d. h. man wird sie alle addiren und die Summe derselben durch die Anzahl der Beobachtungen dividiren. Dieses Mittel aus mehreren einzelnen Beobachtungen wird im Allgemeinen der Wahrheit desto näher liegen, je besser die einzelnen Beobachtungen unter sich harmoniren, und je größer die Anzahl derselben ist. Man wird daher in allen Fällen, wo eine größere Genauigkeit erfordert wird, die Beobachtungen zu wiederholen und die Resultate derselben alle auf eine gemeinschaftliche Zeit, wie hier die Zeit des Solstitiums, zu bringen suchen, wodurch man sich von den oft unvermeidlichen Fehlern der einzelnen Beobachtungen, die zum Theil von der Unvollkommenheit der Instrumente, zum Theil aber auch von der unserer Sinne kommen, so viel möglich unabhängig machen kann. Man bemerkt von selbst, daß sich dieses Verfahren auch auf die vorhergehende Bestimmung des Frühlingspunkts anwenden läßt, wenn man, wie dort, mehrere beobachtete mittägige Declinationen der Sonne hat. Man wird nämlich dann jede dieser in Secunden ausgedrückten Declinationen, so lange sie noch klein sind, durch die Zahl 0.15353 multipliciren und dieses Produkt zu der beobachteten Differenz der Culmination der Sonne und des Sterns setzen, um sofort die gesuchte Rectascension des Sterns zu bekommen. So hat man in dem obigen Beispiele (§. 52) für den 19. März die mittägige Declination 0° 38′ 53″ = 2333″, also das erwähnte Produkt gleich 358″.2 = 0ᴬ 5′ 58″.2 und dieß von der Culminationsdifferenz dieses Tages oder von 2ᴬ 3′ 37″.5 subtrahirt, gibt die Rectascension des Sterns 1ᴬ 57′ 39″.3 wie zuvor. Eben so gibt den 20. März jenes Produkt 0ᴬ 2′ 19″.9 und die Rectascension 1ᴬ 57′ 39″.2. Für den 21. März endlich ist das Produkt 0ᴬ 1′ 18″.3 und daher die Rectascension 1ᴬ 57′ 39″.4, so daß man im Mittel aus allen drei Beobachtungen für die gesuchte Rectascension des Sterns 1ᴬ 57′ 39″.3 annehmen kann, wo zugleich die gute Uebereinstimmung der täglichen Beobachtungen für die Zuverlässigkeit derselben und daher auch für die Genauigkeit des Endresultats zeugen wird.

§. 53. (Orte der Sonne für alle Tage des Jahres.) Das Vorhergehende setzt uns in den Stand, für alle Mittage des Jahres die Rectascension sowohl, als auch die Declination der Sonne durch Beobachtungen zu bestimmen. Ist V (Fig. 2) der Frühlingspunkt, AVQ der Aequator und MVL die Ekliptik, und bezeichnet S den Ort der Sonne in der Ekliptik für einen gegebenen Tag, so sey ST der Bogen eines größten, auf dem Aequator in T senkrechten Kreises, dessen Verlänge-

Digitized by Google

ung also (Einl. §. 5) durch den Pol N des Aequators geht. Dieß vorausgesetzt, bezeichnet der Winkel QVL = AVM die Schiefe der Ekliptik und der Bogen VT die Rectascension, so wie TS die Declination (Einl. §. 22. I.) der Sonne für jenen Tag. Der Bogen VS der Ekliptik aber, der zwischen dem Frühlingspunkte und der Sonne enthalten ist, drückt (Einl. §. 22. II.) die Länge der Sonne aus, deren Breite immer gleich Null ist, weil sich der Mittelpunkt der Sonne immer in der Ebene der Ekliptik bewegt.

Wie man aber, nach dem oben (§. 49. I.) Gesagten, in einem ebenen oder geradlinigen Dreiecke, wenn mehrere Seiten und Winkel desselben gegeben sind, die andern Seiten und Winkel durch die Vorschriften der ebenen Trigonometrie finden kann, so läßt sich dasselbe auch für solche Dreiecke thun, die von größten Kreisen auf der Oberfläche einer Kugel gebildet werden. Solche sogenannte sphärische Dreiecke sind in unserer Figur NZS', ENS' und VTS, und die Lehren, welche die Auflösung solcher Dreiecke betreffen, bilden die sogenannte sphärische Trigonometrie, die ebenfalls einen Theil der gesammten Geometrie ausmacht, aber hier, dem uns gegebenen Zwecke gemäß, nicht vorgetragen werden kann. Wir werden uns daher begnügen, zu sagen, daß man, wenn in einem sphärischen, bei T rechtwinkeligen Dreiecke die beiden Seiten VT und TS, oder auch der Winkel V und eine jener beiden Seiten, gegeben ist, die Seite VS oder die Länge der Sonne, mittelst der sphärischen Trigonometrie, durch eine einfache Rechnung leicht finden kann.

Die nun folgende Tafel enthält für jeden zehnten Tag des Jahres, und zwar für den Mittag desselben in Wien, in der zweiten Columne die Länge, in der dritten die Declination und in den beiden letzten die Rectascension, die letzte in Graden und Zehntheilen derselben, und dann auch in Stunden und Zeit-Minuten ausgedrückt, wo 15 Grade auf eine Stunde gehen. Diejenigen Tage des Jahres, wo die Sonne unter dem Aequator oder in der südlichen Hemisphäre (Einl. §. 12) ist, haben eine südliche Declination (Einl. §. 13) und sind daher mit einem Striche bezeichnet. Aus dieser Tafel findet man die Länge, Declination und Rectascension der Sonne für jeden, in derselben nicht unmittelbar angegebenen Tag leicht durch eine einfache Proportion. Sucht man z. B. die Länge der Sonne für den Mittag des 4. Januars, so hat man, da die Differenz der Tafel für den 1. und 11. Januar 10°.3 beträgt,

$$\overset{T}{10} : \overset{T}{3} = 10^\circ.3 : X$$

woraus folgt $X = 3^\circ.09$

1. Jan. 280.3

4. Jan. . . . . 283°.39 gesuchte Länge.

Eben so findet man für denselben Mittag die Declination der Sonne 22°.74 südlich und die Rectascension 284°.5 oder in Zeit $18^h\ 58'.2$.

Man wird diese Tafel zur Orientirung des Globus (Einl. §. 30. III. und §. 31) statt des dort erwähnten Verzeichnisses der Sonnenorte auf dem Horizontalkreise des Fußgestells, und auch in der Folge noch zu mehreren anderen Zwecken mit Nutzen gebrauchen können. Hier wollen wir nur bemerken, daß diese Tafel, genau genommen, eigentlich nur für solche Jahre, wie 1827, 1831, 1835, gilt, die unmittelbar vor einem Schaltjahre vorhergehen. Will man sie auch für andere Jahre genau haben, so wird man Folgendes bemerken:

Für solche Jahre, die mitten zwischen zwei Schaltjahren liegen, wie 1830, 1834, wird man alle Zahlen der Tafel um 0°.3 vermehren, und z. B. für die Länge des 1. Aprils nicht 10°.9, sondern 11°.2 haben.

Digitized by Google

Für solche Jahre, die unmittelbar auf ein Schaltjahr folgen, wie 1829, 1833, 1837, wird man diese Zahlen um 0°.5 vermehren, und daher für die Länge des 2. März haben 341°.6.

Für Schaltjahre selbst endlich, wie 1832, 1836, wird man die Zahlen der Tafel in den beiden ersten Monaten des Jahres, im Januar und Februar, um 0°.3 vermindern und in den zehn folgenden Monaten um 0°.8 vermehren, so daß man z. B. für die Länge am 10. Februar hat 320°.6 und für die des 10. Junius 79°.5.

In der letzten Columne, welche die Rectascension in Zeit angibt, wird man, statt der vorhergehenden Zahlen, 0°.3, 0°.5 und 0°.8 in derselben Ordnung setzen $0^h\ 1'$, $0^h\ 2'$ und $0^h\ 3'$.

Tafel der Sonnenorte für alle Tage des Jahres.

Tage.	Länge.	Declination.	Rectascension	
			in Bogen.	in Zeit.
Januar 1	280°.3	— 23°.1	281°.2	$18^h\ 45'$
» 11	290.6	— 21.9	292.2	19 29
» 21	300.7	— 20.0	302.9	20 12
» 31	310.9	— 17.5	313.3	20 53
Februar 10	320.9	— 14.5	323.4	21 34
» 20	331.1	— 11.1	333.1	22 12
März 2	341.1	— 7.4	342.6	22 50
» 12	351.0	— 3.5	351.8	23 27
» 22	1.0	0.4	1.0	0 4
April 1	10.9	4.3	10.0	0 40
» 11	20.7	8.1	19.2	1 17
» 21	30.5	11.7	28.4	1 54
Mai 1	40.2	14.9	37.8	2 31
» 11	49.8	17.7	47.4	3 10
» 21	59.5	20.1	57.3	3 49
» 31	69.1	21.8	67.4	4 30
Juni 10	78.7	23.0	77.7	5 11
» 20	88.2	23.4	88.1	5 52
» 30	97.7	23.2	98.5	6 34

Digitized by Google

Tafel der Sonnenorte für alle Tage des Jahres.

Tage.	Länge.	Declination.	Rectascension	
			in Bogen.	in Zeit.
Juli 10	107°.2	22°.3	108°.8	7ᴬ 15′
„ 20	116.8	20.8	118.9	7 56
„ 30	126.3	18.7	128.8	8 35
Aug. 9	136.0	16.0	138.5	9 14
„ 19	145.3	13.0	147.9	9 52
„ 29	155.2	9.6	157.1	10 28
Sept. 8	164.9	5.9	166.1	11 5
„ 18	174.6	2.1	175.1	11 41
„ 28	184.4	— 1.9	184.1	12 17
Oct. 8	194.3	— 5.7	193.2	12 53
„ 18	204.2	— 9.4	202.5	13 30
„ 28	214.2	— 12.9	212.0	14 8
Nov. 7	224.2	— 16.1	221.8	14 47
„ 17	234.3	— 18.9	231.9	15 28
„ 27	244.4	— 21.0	242.5	16 10
Dec. 7	254.5	— 22.6	253.3	16 53
„ 17	264.7	— 23.4	264.3	17 37
„ 27	274.9	— 23.3	275.4	18 22

Bemerken wir noch, daß die früheren Astronomen den Kreis, welchen die Sonne am Himmel beschreibt, nicht in 360 Grade, wie alle übrigen Kreise, sondern in zwölf sogenannte Zeichen getheilt haben, deren jedes 30 Grade enthielt. Diese Zeichen benannten sie nach den zwölf Sternbildern, welche den ganzen Umkreis der Ekliptik einnehmen und die, mit ihren eigenen Charakteren, in der Ordnung, wie sie von dem Frühlingspunkte gen Ost auf einander folgen, sind:

Digitized by Google

Zeichen.	Länge.		Zeichen.	Länge.	
Widder ♈ . .	0°	bis 30°	Waage ♎ . . .	180°	bis 210°
Stier ♉ . . .	30	„ 60	Scorpion ♏ . .	210	„ 240
Zwillinge ♊ .	60	„ 90	Schütze ♐ . . .	240	„ 270
Krebs ♋ . .	90	„ 120	Steinbock ♑ . .	270	„ 300
Löwe ♌ . . .	120	„ 150	Wassermann ♒	300	„ 330
Jungfrau ♍ .	150	„ 180	Fische ♓	330	„ 360

Man kann sich die Aufeinanderfolge dieser Zeichen der Ekliptik leic durch die zwei bekannten Verse dem Gedächtnisse einprägen:

Sunt: Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

Die Alten drückten die Länge der Sonne und überhaupt aller Him melskörper durch diese Zeichen so aus, daß sie z. B. die Länge der Son für den 9 August, die nach der vorhergehenden Tafel 136 Grade beträg durch ♌ 16°, das heißt durch den 16ten Grad des Löwen bezeichnete Wenn man diese Zeichen mit den Sternbildern der Ekliptik, wie sie a dem Globus erscheinen, vergleicht, so wird man diese Sternbilder al um ein Zeichen, oder nahe um 30 Grade weiter gegen Osten erblicke so daß z. B. das Sternbild des Widders nicht den Raum des erste sondern schon des zweiten Zeichens, das des Stiers, das dritte Zeiche u. s. f. einnimmt, eine sehr merkwürdige Veränderung, auf welche wi später wieder zurückkommen werden.

Kapitel IV.

Jährliche Bewegung der Erde.

§. 54. (Doppelte Erklärung der jährlichen Bewegung der Sonne.) Wi haben in dem vorhergehenden Kapitel gesehen, wie man die Bahn de Sonne und die Bewegung derselben um die Erde bestimmen könne. Da bei schien es sich nun gleichsam von selbst zu verstehen, daß dies Sonne sich auch in der That um unsere Erde bewege, und daß wir nich so umständlich uns über eine Erscheinung verbreiten würden, die an Ende etwa wieder mit einer bloßen Täuschung endet, wie wir dieß schon bei der täglichen Bewegung des ganzen Himmels erfahren haben, de wir nun in seiner Ruhe nicht weiter stören und dafür die unendlich kleine Erde sich täglich um ihre Axe drehen lasse, wodurch, wie wir ge sehen haben, diese Erscheinung der täglichen Bewegung des Himmels eben so vollständig und genügend dargestellt wird.

Allein eben dasselbe hat auch in Beziehung auf die jährliche Bewe gung der Sonne um die Erde Statt. Alle die Erscheinungen, die wir im dritten Kapitel unter der Voraussetzung betrachtet haben, daß die Sonn

Digitized by Google

in der Ebene der Ekliptik jährlich ihren Kreislauf um die im Mittelpunkte dieses Kreises ruhende Erde vollende, werden sich genau eben so einem Auge unter der ganz entgegengesetzten Voraussetzung darstellen, als die Erde in demselben Kreise, den wir zuvor der Sonne angewiesen haben, sich jährlich um die in dem Mittelpunkte dieses Kreises ruhende Sonne bewege. Auch hier, wie dort bei der täglichen Bewegung des Himmels, kann in der äußern Erscheinung selbst nichts gefunden werden, was uns für die Annahme der einen oder der andern dieser beiden Hypothesen vorzugsweise bestimmen könnte, und es muß daher wieder andern, inneren Gründen überlassen bleiben, zu entscheiden, welche von den beiden Voraussetzungen die wahre ist.

Die Fixsterne, mit welchen wir oben die Bewegung der Sonne verglichen haben, um daraus die Bahn der letztern abzuleiten, dienen uns, als die einzigen festen Punkte des Himmels, die wir kennen, gleichsam nur als Gränzsteine, mit welchen wir die Sonne, den Mond und andere uns nähere und daher auch näher angehende Himmelskörper zu vergleichen, und durch welche wir, als durch bekannte und unveränderliche Punkte, die Orte dieser Himmelskörper zu bestimmen pflegen. Wir denken uns in die Mitte dieser großen Rotunde versetzt, auf deren Gewölbe die Sterne befestigt sind, und sehen in einiger Entfernung von uns einen Körper, die Sonne, der den links oder östlich von ihm stehenden Sternen immer näher rückt und einen nach dem andern auf seinem Wege mit dem Lichte bedeckt, das er nach allen Seiten ausstrahlt. Allein ganz dasselbe werden wir auch zu sehen glauben, wenn dieser leuchtende Körper selbst im Mittelpunkte jener Rotunde ruhte und dagegen unsere Erde dafür in derselben östlichen Richtung um ihn liefe. Der Punkt der Rotunde, den uns die Sonne verdeckt, wird eben so, wie dort, nach der linken Seite laufen, die Sonne wird auch hier den von ihr östlich liegenden Fixsternen immer näher rücken und die ganze Erscheinung wird dieselbe seyn. Wenn man in der Mitte eines großen runden Saales ein Licht auf den Tisch stellt und nahe um diesen Tisch herum geht, so wird man das Licht ganz auf dieselbe Art an der Wand herum rücken sehen, als wenn man selbst in der Mitte des Saales still steht und das Licht in derselben Nähe und in derselben Richtung um sich herum tragen läßt.

Denken wir uns die Erde S (Fig. 8) im Mittelpunkte des gestirnten Himmels und lassen wir um sie die Sonne sich jährlich in dem Kreise a b c d in der Richtung von a nach b bewegen. Die Sonne sey

in dem Punkte a im Anfange des Frühlings am 21. März
„ „ „ b „ „ „ Sommers „ 21. Junius
„ „ „ c „ „ „ Herbstes „ 22. September
„ „ „ d „ „ „ Winters „ 21. December,

so wird also die Sonne, von der Erde S aus gesehen, im Anfange dieser vier Jahreszeiten

im Frühling in der Linie Sa oder im Widder ♈
„ Sommer „ „ „ Sb „ „ Krebs ♋
„ Herbst „ „ „ Sc „ „ Wage ♎
„ Winter „ „ „ Sd „ „ Steinbock ♑

erscheinen, und so im Laufe des Jahres alle Sternbilder der Ekliptik, in der oben (§. 53) angeführten Ordnung, oder von West gen Ost, zurückzulegen scheinen.

Nehmen wir im Gegentheile an, daß S die Sonne bezeichne, die im Mittelpunkte des Kreises abcd ruht, den die Erde jährlich um sie in derselben Richtung beschreibt, so daß die Erde im Anfange der vier

Digitized by Google

Jahreszeiten diejenigen Punkte der Ekliptik einnehme, die der Sonn in der vorhergehenden Annahme, gegenüber stehen, so wird die Erl seyn

in dem	Punkte	c	im	Anfange	des	Frühlings,	am	21. März
„	„	d	„	„	„	Sommers	„	21. Junius
„	„	a	„	„	„	Herbstes	„	22. Sept.
„	„	b	„	„	„	Winters	„	21. December

und man wird daher die Sonne S, von der Erde aus gesehen, im An fange dieser vier Jahreszeiten, im Frühlinge in der Linie cSa oder in Widder, im Sommer in der Linie dSb oder im Krebs u. s. f., kurz wie der in denselben Sternbildern, wie zuvor, erblicken, so daß also, wi gesagt, die Erscheinung der jährlichen Bewegung der Sonne um die ru hende Erde ganz eben so gut auch durch eine Bewegung der Erde un die ruhende Sonne dargestellt werden kann.

Welche dieser beiden Voraussetzungen ist nun die wahre? — Wir wollen die Gründe für und wider abwägen und zusehen, welche von bei den den Ausschlag geben.

§. 55. (Die Sonne, als vorzüglichster Körper des Planetensystems, steht wahrscheinlich in der Mitte desselben.) Die Sonne ist bekanntlich die Quelle des Lichts und der Wärme, nicht bloß für unsere Erde, sondern noch für eine sehr große Anzahl anderer unserer Erde ähnlicher Himmelskörper, der Planeten und Kometen, also auch wohl, wenigstens höchst wahrschein lich, die Quelle aller der mannigfaltigen Bewegungen, welche wir an diesen Himmelskörpern bemerken. Um diese letzten für die zahllosen Wohlthaten, welche sie von der Sonne erhalten, am meisten fähig und empfänglich zu machen, wird es wohl am angemessensten seyn, den Thron der Sonne in der Mitte aller anderen Bahnen, also auch in der Mitte der Erdbahn zu errichten, damit alle übrigen Körper ihres Systemes von ihren Strahlen gleichförmig erleuchtet und erwärmt werden können. — Allein Gründe dieser Art gehören mehr der Imagination, als dem Ver stande, mehr der Dichtkunst, als der Mathematik an. Sie sind, wie so manche andere aus dem Gebiete der Metaphysik, auf eine vielleicht nur eingebildete Harmonie des Weltalls gebaut, die zu ergründen dem menschlichen Geiste wahrscheinlich immer unmöglich bleiben wird. Wenn wir uns der Wahrheit mit sicheren Schritten nähern wollen, so müssen wir jene Abwege, die schon oft genug irre geführt haben, vermeiden und uns nur an solche Gründe halten, die entweder aus bloßen Beobach tungen hervorgehen, oder die ein unmittelbares Resultat der Rech nung sind, da diese beiden die zwei einzigen sicheren Grundlagen aller menschlichen Erkenntnisse sind.

§. 56. (Die Erde bewegt sich um die viel größere Sonne.) Etwas bes ser werden wir verfahren, wenn wir auf die bereits bekannte Größe der zwei Körper, um die es sich hier handelt, Rücksicht nehmen. Die Sonne aber ist, wie wir gesehen haben, eine Kugel von so ungeheuerer Größe, daß man daraus nahe eine und eine halbe Million solcher Kugeln, wie unsere Erde ist, machen könnte. Welches mächtige, uns unsichtbare Band nun auch diese beiden Körper an einander knüpfen, welche Kraft den einen derselben um den andern führen mag, ist es nicht, auf den ersten Blick schon, unendlich wahrscheinlicher, daß diese Kraft in dem größeren wohnen, daß also der kleinere Körper sich um den so viel mal größeren, nicht aber dieser um jenen sich bewegen werde? — Wenn wir zwei Steine von sehr verschiedenem Gewichte an die beiden Ende einer Schnur befestigen und sie so verbunden in die Luft schleudern, so

Digitized by Google

werden sich, nach den ersten Gesetzen der Mechanik beide Körper des Systems um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt drehen, und wenn der eine dieser Steine von nahe gleichem specifischem Gewichte 1½ Millionenmal größer ist, als der andere, so wird jener gemeinschaftliche Schwerpunkt des Systems so nahe bei dem Mittelpunkte des größeren Steines liegen, daß er beinahe mit diesem Mittelpunkte selbst zusammenfallen, also nahe in der Mitte des größeren Steines liegen wird. Die Folge davon wird seyn, daß der kleinere Stein sich um den großen bewegen, und daß dieser große seinen Ort nur unmerklich verändern oder nur sehr kleine Bewegungen um jenen gemeinschaftlichen Schwerpunkt, der zugleich sehr nahe mit dem Schwerpunkte des größeren Körpers zusammenfällt, haben wird. Dasselbe wird also auch der Fall mit jenen zwei Körpern des Himmels seyn, die eben so sehr an Größe unter sich verschieden sind, wenn sie sich frei und ohne fremde Einwirkung anderer Körper im Weltraume bewegen.

§. 57. (Analogie der Erde mit den übrigen Planeten.) Wir haben schon öfters der Planeten erwähnt, dieser Himmelskörper, die, wie die Fernröhre zeigen, uns viel näher sind, als die Fixsterne. Sie erscheinen uns in der Gestalt von kleineren oder größeren runden Scheiben, während die unendlich weiter entfernten, obschon vielleicht an sich viel größeren Fixsterne, wegen ihrer ungemeinen Entfernung, nur als untheilbare Punkte gesehen werden. Sie kommen uns öfters so nahe, daß der Durchmesser dieser ihrer Scheibe, wie bei der Venus siebenmal, bei Mars neunmal, größer erscheint, als zu anderen Zeiten, und daß sie ähnliche Lichtphasen, wie die des Mondes im zu- und abnehmenden Lichte, zeigen. Sie scheinen also recht eigentlich uns, unserem Sonnensysteme, anzugehören, wie unsere Erde selbst, und daher auch in dieser Beziehung mit der Erde verwandte Himmelskörper zu seyn. Wenn man aber ihre Bewegungen, wie sie von der Erde gesehen werden, unter den fixen Sternen des Himmels einige Zeit verfolgt, so bemerkt man bald, daß die Bahnen derselben äußerst unregelmäßig und beinahe keinem Gesetze unterworfen sind. Die Sonne bewegt sich, wie die Tafel des §. 53 zeigt, während ihres scheinbaren jährlichen Laufes, sehr nahe regelmäßig, und dasselbe bemerkt man auch bei dem Monde, der täglich nahe um dreizehn Grade östlich gegen die Fixsterne fortschreitet. Nicht so die Planeten. Diese zeigen nicht nur sehr auffallende Aenderungen ihrer Geschwindigkeiten, sondern sie stehen oft längere Zeit ganz unbeweglich bei einem Sterne und bewegen sich bald gen Osten, bald auch, in verkehrter Richtung, gegen Westen. Verfolgt man sie einige Monate, so findet man, daß ihr Weg am Himmel, wie er von der Erde gesehen wird, eine äußerst verwickelte krumme Linie ist, die aus mehreren Knoten und Schlingen besteht, und in keinem ihrer Theile auch nur die kleinste Spur von Ordnung und Regelmäßigkeit zeigt. Noch verwickelter erscheinen die Bahnen der Kometen, wie man auf den älteren Hoffmann'schen Himmelskarten sieht, wo mehrere derselben verzeichnet sind.

Die Alten haben sich lange gequält, diese Verwicklungen zu erklären, und sie sind dabei auf eben so sonderbare, als auch in der That sinnreiche Mittel verfallen, die aber nicht zu dem gewünschten Zwecke führten, wie wir später sehen werden. Copernicus war der erste, der lebhaft fühlte, daß diese so künstlich verschlungenen Linien nicht die wahren Bahnen der Planeten seyn können und der, von diesem Gefühle gedrängt, den wahren und einzig möglichen Weg einschlug, diesen empörenden und so lange unerklärbaren Unregelmäßigkeiten dadurch ein Ende zu machen, daß er suchte, wie die Bahnen der Planeten, die aus der

Digitized by Google

Erde gesehen, so ungemein verwickelt erscheinen, aus dem Mittelpunkt der Sonne gesehen werden möchten. Und er fand, daß, von diese Standpunkte aus, alle jene Unregelmäßigkeiten, wie ein gelöster Zauber, verschwinden, und daß diese früher so complicirten Bewegungen ganz eben so einfach und regelmäßig werden, wie die, welche wir von der Sonne und dem Monde bemerken. Jene sonderbaren Knoten und Schlingen lösten sich sofort von selbst auf und die Stillstände, so wie die rückgängigen Bewegungen erschienen nur als optische Täuschungen, die bloß daher kommen, weil wir diese Planeten nicht aus der Sonne, als aus dem fixen Mittelpunkte ihrer Bewegungen, sondern weil wir sie aus der Erde, aus der sich selbst um die Sonne bewegenden Erde, also aus einem Standpunkte betrachten, der seinen Ort im Weltraum selbst mit jedem Tage ändert. Die einfache und so lange verborgene Idee, daß alle Planeten, also auch die Erde, Kreise von bestimmten Halbmessern beschreiben, in deren gemeinschaftlichem Mittelpunkte die Sonne ruht, diese Idee löste mit eins, wie wir weiter unten noch näher sehen werden, alle die großen Schwierigkeiten, die den scharfsinnigsten Astronomen des Alterthums unübersteiglich schienen; sie verwandelte eine unerklärbare Unordnung und Gesetzlosigkeit in die schönste, einfachste Harmonie, und schuf, gleich einem Blitze, die dunkelste Nacht zum hellsten Tage um. Diese Idee war es aber auch, wodurch uns Copernicus die wahre Anordnung des Weltsystems offenbarte, und wodurch er der Vater der neuen Astronomie geworden ist. Wer von uns könnte, wenn er anders noch Sinn für verständige Klarheit und Ordnung hat, der Kraft eines solchen Beweises sich noch länger entziehen? — Welche Complicationen in den Bewegungen aller anderen Planeten, wenn wir die Erde nicht auch, gleich jenen, sich um die Sonne bewegen lassen! Welche entsetzliche Geschwindigkeit müßte man bei den entfernteren Planeten voraussetzen, um sie alle Jahre ihren großen Kreis um die ruhende Erde vollenden zu lassen. Uranus z. B. ist neunzehnmal weiter, als die Sonne, von uns entfernt, und er müßte daher, um die Peripherie seiner Bahn von 2500 Millionen d. M. jährlich zu vollenden, jeden Tag nahe sieben Millionen Meilen zurücklegen.

Wir haben bereits oben gesehen, daß man die Erde nicht als einen isolirten, für sich bestehenden Körper, dessen Gleichen nicht mehr in der Natur zu finden ist, sondern daß man sie im Chor der anderen Erden unseres Sonnensystems, als ein Glied der ganzen, großen Familie von Planeten betrachten müsse, denen sie in so vielen Beziehungen ganz ähnlich ist. So wie Jupiter, unseren Beobachtungen zu Folge, in jedem seiner Tage sich um sich selbst und in jedem seiner Jahre, in der Begleitung seiner vier Monde, sich um die Sonne bewegt, so dreht auch unsere Erde sich täglich um ihre Axe, so bewegt auch sie sich, in Begleitung ihres Mondes, jährlich um die Sonne. Ein Beobachter auf Jupiters Oberfläche würde wohl eben so, wie wir, wenn er bloß dem ersten Eindrucke seiner Sinne folgte, das ganze Planetensystem und die Sonne selbst, um sich, als um den Mittelpunkt aller jener Bahnen, in Bewegung glauben und seine beinahe 1300mal größere Erde würde diese Täuschung noch beträchtlich vermehren.

§. 38. (Das bekannte Keppler'sche Gesetz der Planeten gilt auch für die Erde.) Aus der Sonne gesehen, würden uns alle Planeten einfache Kreise, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt in dem der Sonne liegt, zu beschreiben scheinen. Die Ebenen dieser Kreise liegen alle in geringen Entfernungen um die Ekliptik, d. h. um die Bahn der Erde, die also mitten unter den Bahnen aller übrigen angetroffen wird. Die Bewe-

Digitized by Google

gungen jener Planeten in ihren Kreisen gehen alle in der Richtung von West gen Ost vor sich, und eben dieselbe Richtung muß auch die Bewegung der Erde haben, wenn die in §. 54 erwähnten Erscheinungen Statt haben sollen. Schon diese beiden Analogien machen die jährliche Bewegung der Erde um die ruhende Sonne sehr wahrscheinlich, aber diese Wahrscheinlichkeit wird noch sehr vermehrt, wenn man auf das bekannte Gesetz Rücksicht nimmt, welches zwischen den Umlaufszeiten der Planeten und zwischen den Halbmessern der von ihnen beschriebenen Kreise besteht. Nach diesem, von Keppler entdeckten Gesetze, verhalten sich bei den Planeten die Quadrate der Umlaufszeiten, wie die Würfel der Halbmesser ihrer Bahnen. Wenn daher dasselbe Verhältniß, welches bei allen Planeten Statt hat, auch zwischen der Erde und einem jener Planeten besteht, so folgt daraus, daß auch diese Erde für einen Planeten gehalten werden soll. Nun kennen wir z. B. für Jupiter die Umlaufszeit 4331.974 Tage, und den Halbmesser seiner Bahn 109214000 d. Meilen. Für die Erde aber ist, den Beobachtungen zu Folge, ihre mittlere Entfernung von der Sonne gleich 21 Millionen Meilen. Nennt man daher T die Umlaufszeit der Erde, so muß, in Folge jenes Gesetzes,

das Quadrat des Bruches $\frac{T}{4331.974}$ gleich seyn dem Würfel des Bruches $\frac{21000}{109214}$. Allein der Würfel des letzten Bruches ist 0.00710924 und von dieser Zahl die Quadratwurzel 0.0843163. Multiplicirt man daher die letzte Zahl durch 4331.974, so erhält man für die gesuchte Umlaufszeit der Erde T = 365.258 Tage, sehr nahe mit der wahren Länge des Jahres, wie sie die Beobachtungen geben, übereinstimmend.

Da also jenem Gesetze, dem alle Planeten gehorchen, auch die Erde unterworfen ist, so werden wir auch wohl annehmen müssen, daß die Erde selbst ein Planet ist, und sich, wie alle übrigen, um die Sonne bewegt. — Dieselbe Centralkraft der Sonne, welche die Planeten in ihren Bahnen zurückhält, und welche die den Planeten eigenthümliche, aus ihrer Bewegung entspringende Centrifugalkraft aufwiegt, wie sollte sie nicht auch auf die Erde wirken, und wie sollte dann die Erde dieser Wirkung der Centralkraft der Sonne widerstehen, wenn nicht auch sie mit einer Centrifugalkraft, d. h. wenn nicht auch sie mit einer Bewegung um die Sonne begabt wäre?

§. 59. (Die jährliche Bewegung der Erde ist eine Folge der täglichen.) Wenn wir ferner die tägliche Rotation der Erde als bewiesen voraussetzen, wie wir dieses nach dem Vorhergehenden zu thun wohl berechtigt sind, und wenn wir dann die Ursache aufsuchen, welche dieser Rotation ihre Entstehung gegeben hat, so können wir sie nur in einem augenblicklichen Stoße finden, den die Erde im Augenblicke ihrer Entstehung durch eine äußere Kraft erhalten hat, und der z. B. von der Anziehung irgend eines Körpers außer ihr entstanden seyn kann. Wenn die Richtung dieses Stoßes nicht genau durch den Mittelpunkt der Erde gegangen ist, — und wie unwahrscheinlich wäre diese Annahme unter den unzähligen andern möglichen Fällen — so mußte dadurch die Erde, gleich einem Kreisel, eine Rotation erhalten, die desto schneller seyn müßte, je größer jener ursprüngliche Stoß, und je weiter seine Richtung von dem Mittelpunkte der Erde entfernt gewesen ist. Allein jeder solche Stoß, der eine Rotation der Erde hervorbringt, mußte auch zugleich eine fortschreitende Bewegung ihres Mittelpunkts erzeugen.

Digitized by Google

Wir wissen aus Erfahrung, wie schwer es ist, uns selbst oder einen andern Körper um eine Axe zu drehen, ohne ihn zugleich aus seiner Stelle zu rücken, und man sieht leicht, daß dieses eigentlich ganz unmöglich ist, wenn der Körper nicht auf irgend eine Weise an seiner Stelle festgehalten wird. Da aber die Erde, so viel wir wissen, durch keine äußere Kraft an ihre Stelle im Weltraume festgehalten wird, so ist schon die bloße Existenz ihrer Rotation zugleich ein Beweis für die progressive Bewegung derselben.

Uebrigens ist diese jährliche Bewegung der Erde viel schneller, als die tägliche. Vermöge der letztern beschreibt jeder Punkt der Oberfläche des Aequators, während seiner Rotation um die Axe, in einer Secunde nur 0.0626 einer d. Meile, oder 1430 Par. Fuß, während jeder Punkt der Erde, in ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne, während einer Secunde nahe 4 d. Meilen zurücklegt, so daß also die letzte Geschwindigkeit gegen 64mal größer ist, als die erste. Während wir also die wenigen Zeilen dieses letzten Absatzes gelesen haben, sind wir schon über 20 Meilen im Raume fortgerückt. Könnten wir in irgend einem Fahrzeuge mit derselben Geschwindigkeit, welche die Erde in ihrer Bahn hat, auf der Oberfläche der Erde uns bewegen, so würden wir eine sogenannte Reise um die Welt, oder den Umkreis der Erde von 5400 Meilen, schon in 22½ Minuten zurücklegen, wozu Capitän Cook 3 Jahre und 14 Tage brauchte. Ohne die Umwege und Abhaltungen aller Art, denen eine solche Reise gewöhnlich ausgesetzt ist, würde ein Schiff, das in jeder Secunde 10 Fuß zurücklegt, und dabei unabläßig fortsegelt, was vielleicht um die Hälfte zu viel ist, jene Reise um die Erde doch erst in 142 Tagen 18 Stunden, also in mehr als 4½ Monaten, vollenden.

Obschon wir also, nach allem Vorhergehenden, die Voraussetzung der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne als höchst wahrscheinlich, wenn nicht als unzweifelhaft, annehmen dürfen, so müssen wir doch auch gestehen, daß die Gründe, welche wir bisher für die Existenz dieser Bewegung vorgetragen haben, so großen Gewichtes sie auch an sich seyn mögen, doch sämmtlich nur äußere oder aus der Analogie mit andern Weltkörpern entlehnte Gründe sind, und daß es daher noch immer wünschenswerth bleibt, auch innere, von der Erde selbst genommene, Beweise für diese Bewegung derselben aufzufinden. So hatten wir oben, für die tägliche Rotation der Erde, sehr deutliche Spuren an ihr selbst gefunden, nämlich an ihrer Abplattung bei den Polen, an der östlichen Abweichung frei fallender Körper, an der Aenderung der Pendellänge u. s. w. Sollten sich nun nicht auch von der jährlichen Bewegung der Erde ähnliche Zeugnisse auf ihr selbst finden lassen, besonders da, wie wir so eben gesehen haben, diese Bewegung so viel schneller ist, als jene?

Dieser Wunsch wird allerdings schwer zu befriedigen seyn, da beide Bewegungen, in Beziehung auf diesen unsern Zweck, so sehr von einander verschieden sind. Denn bei der täglichen Rotation bewegen sich verschiedene Punkte der Erdfläche ebenfalls mit sehr verschiedenen Geschwindigkeiten, der Aequator am schnellsten, die kleineren Parallelkreise immer langsamer, und die beiden Pole endlich gar nicht. Eben diese Verschiedenheiten boten uns aber zugleich die Merkmale dar, an welchen wir jene Rotation selbst erkennen konnten. Bei der jährlichen Bewegung aber verhält sich die Sache nicht mehr so, da hier alle, selbst die inneren Theile der Erde, mit nahe gleicher Geschwindigkeit und in derselben Richtung fortgeführt werden, daher denn auch diese Bewegung durch eine bloße Vergleichung der einzelnen Theile der Erde nicht weiter erkannt werden kann.

Digitized by Google

Sollte sie aber, wenn auch nicht mehr an der Erde selbst, doch wenigstens an den Gegenständen außer ihr bemerkbar seyn, und da Spuren zurücklassen, an welchen wir diese ihre Bewegung zu erkennen im Stande sind? — Die beiden folgenden Kapitel werden uns Gelegenheit geben, diese Frage näher zu untersuchen.

Kapitel V.

Parallaxen und Entfernungen der Gestirne von der Erde.

§. 60. (Scheinbare Bewegung der Gegenstände.) Wenn man sich in einer mit Bäumen oder Gebäuden besetzten, und in weiter Ferne mit Bergen begränzten Ebene nach irgend einer Richtung vorwärts bewegt, so scheinen sich die uns näheren Bäume, in Beziehung auf jene fernen Berge, rückwärts zu bewegen, oder sie scheinen südlich hinter uns zu rücken, wenn wir selbst gegen Norden gehen, und diese südliche Bewegung der uns zu beiden Seiten umgebenden Gegenstände erscheint desto schneller, je näher sie uns stehen, während jene fernen Berge zwar auch, aber nur sehr langsam, gegen Süden zurückgehen, und wir selbst schon einen beträchtlichen Weg gegen Norden gemacht haben müssen, um zu bemerken, daß einer dieser Berge, der z. B. im Anfange unserer Reise genau im Ost- oder West-Punkte stand, nun auch etwas gegen Süd zurückgegangen ist. Eben so werden uns diejenigen Bäume, die vor uns gegen Norden stehen, immer weiter auseinander zu rücken scheinen, je weiter wir selbst gen Norden vorgehen, oder je näher wir ihnen kommen, während im Gegentheile diejenigen, die hinter uns im Süden stehen, immer näher an einander rücken werden, je weiter wir uns von ihnen entfernen. Aus dieser Ursache erscheinen uns die zwei Reihen einer Allee, obschon sie einander ganz parallel sind, doch immer desto näher an einander zu rücken, je weiter sie von uns, wenn wir diese Allee betreten, entfernt sind. Diese Erfahrungen sind zu bekannt, als daß wir uns hier länger dabei aufhalten sollten.

Dasselbe, was hier von den Bäumen einer Gegend gesagt wurde, muß nun auch von den Sternen des Himmels gelten, wenn sie anders nicht etwa so weit von uns entfernt sind, daß alle Veränderungen unseres Ortes, daß alle Wege, die wir auf oder auch mit der Erde machen können, gegen diejenigen Abstände, welche uns von den Gestirnen trennen, für nichts zu achten seyn sollten, wo wir dann die Verrückung dieser Gestirne eben so wenig bemerken würden, als wir z. B. die Ver-

Digitized by Google

rückung eines mehrere Meilen von uns entfernten Berges bemerken, wenn wir ihn aus einem oder aus dem andern Fenster unserer Stube betrachten. In der That haben wir auch bereits (§. 57) gesehen, daß sich diese Veränderung bei den Planeten zeige, und wir haben eben daraus eine beinahe an Ueberzeugung gränzende Wahrscheinlichkeit der Bewegung der Erde abgeleitet. Allein sollte sich diese Bewegung nicht eben so gut auch an den Fixsternen zeigen?

§. 61. (Tägliche Parallaxe der Gestirne.) Sey C (Fig. 11) der Mittelpunkt der Erde, dessen höchsten Punkt A der Beobachter einnimmt, der den Mond L eben aufgehen sieht, so daß also die Gerade LA den Horizont des Beobachters bezeichnet und daß daher der Winkel LAC ein rechter Winkel ist. Verlängert man die Gesichtslinie AL des Beobachters bis an die hier als unendlich weit vorausgesetzte Sphäre des Himmels, so wird der Beobachter A den Mond L bei dem Stern a erblicken, während ein Auge im Mittelpunkte C der Erde den Mond in der Geraden CL oder bei dem Stern c sehen würde. Der Winkel, welchen diese beiden Linien Aa und Cc in dem Punkte L bilden, heißt die Horizontalparallaxe des Mondes, und da, unserer Voraussetzung gemäß, die Linie La gegen LA als unendlich groß angenommen wird, so kann man den Mittelpunkt des Kreisbogens acM eben so gut in L als in C, oder auch in A annehmen, so daß also dieser Bogen ac als das Maß jenes Winkels aLc = ALC angesehen werden darf, oder daß man sagen kann, die Horizontalparallaxe des Mondes sey der Bogen ac, an dessen beiden Endpunkten der Mond von einem Beobachter im Mittelpunkte C der Erde, und von einem andern A auf der Oberfläche derselben gesehen wird, für welchen letzteren der Mond eben in seinem Horizonte steht.

Da dieser Winkel ALC durch den Halbmesser AC der Erde begränzt wird, der auf der Seite AL senkrecht steht, so kann man auch sagen, daß die Horizontalparallaxe des Mondes derjenige Winkel ist, unter welchem einem Auge L in dem Mittelpunkte des Mondes der auf dessen Gesichtslinie LA senkrecht stehende Halbmesser AC der Erde erscheinen würde. Wir werden bald sehen, auf welche Art man diese Parallaxe der Gestirne durch Beobachtungen bestimmen, und wie man aus der einmal bekannten Parallaxe auch die Entfernung, und selbst die Größe der Gestirne von der Erde ableiten kann. Da die Messung dieser Gegenstände, zu welchen man mit keinem Maßstabe kommen kann, weil sie so weit von uns abstehen, ohne Zweifel zu den interessantesten Gegenständen der Astronomie gehört, so wird es nicht unangemessen seyn, hier etwas länger bei ihnen zu verweilen.

§. 62. (Bestimmung unzugänglicher Punkte und Linien auf der Oberfläche der Erde.) Das Verfahren, dessen sich die Astronomen bedienen, die Distanzen der Gestirne von der Erde zu finden, ist dasselbe, welches unsere Geodäten und Feldmesser bei ihren terrestrischen Vermessungen anwenden, und beide sind auf dieselben einfachen Sätze der Geometrie gegründet, durch welche man in einem Dreiecke aus den durch Beobachtung oder unmittelbare Messung bekannten Seiten und Winkeln die übrigen Theile des Dreiecks findet.

I. Sey z. B. ein Gegenstand C (Fig. 6) auf dem Felde gegeben, zu welchem ein Beobachter, der sich in der Gegend der Linie BB' aufhält, nicht kommen kann, weil er etwa durch einen Fluß oder einen unzugänglichen Sumpf von dem Gegenstande getrennt ist. Wenn er dessenungeachtet die Entfernung desselben von ihm bestimmen will, so darf er nur in irgend einem Punkte D seiner Umgegend einen senkrechten

Digitized by Google

Stab aufrichten, und dann auf dem Felde durch diesen Punkt D eine auf CD senkrechte Linie DB von willkürlicher Länge abstecken. Mißt er dann die Länge dieser Linie DB mit dem Maßstabe oder mit der Meßkette, und mißt er noch, an dem Endpunkte B dieser Linie, mit irgend einem Winkelmesser, den Winkel CBD, welchen der Gegenstand C mit dem Stabe D in dem Auge B des Beobachters macht, so sind in dem bei D rechtwinkligen Dreiecke die Seite DB und der Winkel CBD bekannt, woraus sich dann sofort, durch eine sehr einfache trigonometrische Rechnung, auch die Seite DC oder BC, das heißt die gesuchte Entfernung des Gegenstandes C von dem in D aufgesteckten Stabe oder von dem Beobachter in B finden läßt. Es ist nämlich die Seite DC gleich der Seite BD, multiplicirt durch die Tangente des Winkels B, und eben so ist die Seite BC gleich der Seite BD, dividirt durch den Cosinus des Winkels B (Einl. §. 32). Gesetzt, man hätte die Linie BD gleich 100 Fuß, und den Winkel D gleich 30 Graden gemessen, so wird man CD = 57.735, und BC = 115.47 Fuß finden. Will man auch diese kleine Rechnungen vermeiden, und das oben (§. 49. I.) erwähnte graphische Verfahren anwenden, so wird man in der Ebene einer Tafel, oder in der des Papiers, zwei auf einander senkrechte Linien errichten, die sich in einem Punkte d durchschneiden. Dann wird man mit einem, in sehr kleine Theile getheilten, Maßstabe auf der einen dieser senkrechten Linien, von dem Punkte d an, die Länge db gleich 100 solchen Theilen des Maßstabes nehmen, und in dem Endpunkte b dieser Linie, mit einem sogenannten Winkelmaße (Transporteur), den Winkel dbc gleich 30 Graden errichten, dessen Seite bc die andere der beiden senkrechten Linien in dem Punkte c schneidet. Dadurch hat man auf dem Papier ein kleines Dreieck bdc erhalten, welches dem großen BCD auf dem Felde ganz ähnlich ist. Mißt man dann mit dem Maßstabe die Seite dc und bc des kleinen Dreiecks, so wird man dc = 57.7 und bc = 115.5 Theile des Maßstabes finden; und da man bereits weiß, daß diese Theile des Stabes auf dem Felde Fuße bedeuten, so wird man sagen, daß auch in dem großen Dreiecke die Seite DC = 57.7 und BC = 115.5 Fuß betrage. Man sieht übrigens, daß es wohl am einfachsten, aber keineswegs nothwendig ist, für die erste Seite bc des kleinen Dreiecks genau eben so viele Theile des Maßstabes zu nehmen, als man auf dem Felde für die Linien BC Fuß genommen hat. Hätte man z. B. die Seite bd nun gleich 20 Theilen des Maßstabes genommen, und dann, durch Auftragung desselben Winkels dbc von 30 Graden, das kleine Dreieck bcd construirt, so würde man mit dem Maßstabe die Seite cd = 11.54 und bc = 23.10 solcher Theile gefunden haben. Da man aber weiß, daß 20 Theile des Stabes 100 Fuß, d. h. daß ein Theil des Stabes 5 Fuß auf dem Felde bezeichne, so wird man auch diese Zahlen 11.54 und 23.10 fünfmal nehmen, um CD = 57.7 und BC = 115.5 Fuß zu erhalten, wie zuvor. Man pflegt das kleinere Dreieck bcd das verjüngte des großen Dreiecks BCD zu nennen. Beide Dreiecke haben dieselben Winkel, aber die Seiten des verjüngten Dreiecks sind alle in demselben Verhältnisse, z. B. 100 oder 1000mal kleiner, als die Seiten des geodätischen Dreiecks, dessen getreue Abbildung, im verjüngten Maßstabe, das kleinere Dreieck ist.

II. Um eben so die Höhe der Spitze B eines senkrechten Thurmes AB (Fig. 9) über dem Horizonte AC zu finden, messe man die horizontale Linie AC von dem Fußpunkte A des Thurmes bis zu irgend einem willkürlichen Punkte C und in diesem letzten Punkte den Winkel ACB. Dann ist die gesuchte Höhe AB gleich der gemessenen Seite AC, multi-

Digitized by Google

plicirt durch die Tangente des Winkels ACB (Einl. §. 32). Ist z. B. AC = 50 Fuß und ACB = 80 Grade, so hat man für die gesuchte Höhe AB = 283.56 Fuß, und dasselbe wird man auch durch das verjüngte Dreieck abc finden, dessen Winkel in a gleich 90 und in c gleich 80 Grade betragen.

Ist AC = 50 Fuß die Länge des Schattens des von der Sonne beschienenen Thurmes AB und beträgt zu derselben Zeit die Schattenlänge Ca eines 10 Fuß langen und senkrecht auf den Horizont gestellten Stabes ab 1.763 Fuß, so kann das Dreieck abC selbst nur als das verjüngte des großen ABC angesehen werden und da sich die Höhe des Thurmes zu der des Stabes verhält, wie der Schatten des Thurmes zu dem des Stabes, so hat man die einfache Proportion

$$1.763 : 10 = 50 : AB,$$

woraus für die gesuchte Höhe des Thurmes folgt AB = 283.56 Fuß, wie zuvor.

Dieß setzt voraus, daß man von C bis zu dem Fußpunkte A des Thurmes kommen kann, um die Länge der Linie AC oder um den Schatten des Thurmes zu messen. Wenn dieß aber nicht angeht und der Beobachter z. B. durch einen Fluß von dem Thurme getrennt ist, so wird er von dem Punkte C aus in der Richtung nach dem Fußpunkte A eine gerade Linie CD als Basis und an ihren beiden Endpunkten C und D die Winkel ACB und ADB messen. Auf diese Weise wird er in den Stand gesetzt, das verjüngte Dreieck bcd zu construiren und dadurch die Länge der Linie BC zu finden. Kennt er aber BC und den anliegenden Winkel ACB, so wird er eben so wieder das verjüngte in a rechtwinkelige Dreieck abc construiren und daraus die Seite ab, also auch die gesuchte Höhe AB des Thurmes finden.

III. Bestimmen wir nun noch die horizontale Distanz AB (Fig. 10) der beiden Punkte A und B, zu deren keinem man unmittelbar mit dem Maßstabe gelangen kann.

Zu diesem Zwecke wird man in derselben horizontalen Ebene, in welcher die Linie AB liegt, die Länge irgend einer willkürlichen Standlinie CD mit einer Meßkette und überdieß, an den beiden Endpunkten C und D dieser Basis, die vier Winkel ACB,BCD und BDC,ADC mit dem Winkelmesser bestimmen. Dieß vorausgesetzt, wird man auf der Ebene des Papiers das verjüngte Dreieck acd verzeichnen, da man zwei Winkel und die ihnen anliegende Seite cd kennt. An dieser Seite cd wird man eben so das verjüngte Dreieck bcd verzeichnen, dessen zwei Winkel mit derselben anliegenden Seite cd ebenfalls bekannt sind. Durch diese Construction der beiden Dreiecke acd und bcd sind aber auch die beiden Punkte a und b in der Ebene der Tafel gegeben, deren Distanz ab man daher nur mit dem zur Construction der Basis cd gebrauchten Maßstabe zu messen braucht, um sofort den gesuchten Abstand der beiden Punkte A und B auf dem Felde zu erhalten.

IV. Das Vorhergehende wird mehr als hinreichen, uns von den Messungen der Distanzen solcher Körper, die uns selbst ganz unzugänglich sind, einen deutlichen Begriff zu geben. Wir bemerken nur noch, daß die Bestimmungen dieser Distanzen, da sie nicht durch unmittelbare Messungen, sondern erst durch Schlüsse oder durch Rechnungen oder, was im Grunde dasselbe ist, durch graphische Verzeichnungen, die auf jene Messungen gegründet sind, erhalten werden, im Allgemeinen desto genauer seyn müssen, je zuverlässiger jene vorhergegangenen Messungen sind, und daß man z. B. in den beiden letzten Aufgaben die Höhe des Thurmes AB (Fig. 9) oder die Distanz der beiden Punkte A und B

Digitized by Google

(Fig. 10) mit einer um so größeren Genauigkeit erhalten wird, je größer die den beiden erwähnten Verfahren zu Grunde liegende Basis CD ist. Wenn nämlich diese Grundlinie CD in Beziehung auf die Distanzen AC, BD sehr klein ist, so werden auch die an den Endpunkten C und D gemessenen Winkel nur sehr wenig von einander verschieden seyn, und dann wird der geringste, oft ganz unvermeidliche Fehler, den man entweder in der Messung dieser Grundlinie oder auch in der Beobachtung jener Winkel begangen hat, schon einen sehr nachtheiligen Einfluß auf die daraus abgeleitete Größe AB haben. In der Geodäsie hängt die Wahl der Lage und der Größe dieser Standlinie CD meistens von uns ab, nicht so aber ist es in der Astronomie, weil es da geschehen kann, daß die Distanzen der himmlischen Körper von der Erde so ungemein groß seyn, daß auch die größten Grundlinien, die wir auf der Erde selbst noch ziehen können, gegen jene Distanzen sehr klein und beinahe als verschwindend betrachtet werden müssen, so daß also diese Distanzen in allen jenen Fällen nicht mehr mit der hier wünschenswerthen Schärfe bestimmt werden können.

Wir wollen daher sogleich zu der Anwendung des Vorhergehenden auf die Körper des Himmels übergehen und zuerst sehen, wie man, wenn die Horizontalparallaxe derselben (§. 61) als bekannt vorausgesetzt wird, daraus die Entfernung dieser Körper von uns oder von dem Mittelpunkte der Erde ableiten kann. Dieß wird keine weiteren Schwierigkeiten darbieten, da es bloß als eine Wiederholung des in §. 62. I. Gesagten betrachtet werden kann. Allein dann wird noch die Frage zu beantworten seyn, auf welche Weise man durch astronomische Beobachtungen zur Kenntniß jener Parallaxe der Gestirne kommen kann. Wir wollen diese Gegenstände in den beiden nun folgenden Abschnitten näher betrachten.

§. 63. (Wie man die Entfernung des Gestirns aus der bekannten Parallaxe desselben findet.) Man sieht von selbst, daß, wenn man durch irgend eine Beobachtung dahin gelangt ist, die Parallaxe des Mondes (§. 61) zu finden, man dadurch auch schon die Entfernung desselben von dem Mittelpunkte der Erde gefunden hat. Da man nämlich in dem bei A rechtwinkeligen Dreiecke ACL (Fig. 11) den Winkel ALC oder die Parallaxe des Mondes und die Seite AC oder den Halbmesser der Erde kennt, der (nach §. 4) 859.3 d. Meilen beträgt, so wird man nur das Dreieck ACL nach den bekannten Vorschriften der ebenen Trigonometrie, oder auch nach dem oben (§. 49. I.) vorgetragenen graphischen Verfahren auflösen, um daraus die gesuchte Entfernung LC des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde zu finden. Die erwähnten Beobachtungen gaben den Winkel ALC oder die Horizontalparallaxe des Mondes nahe gleich einem Grade, woraus daher folgt, daß die Entfernung LC desselben von dem Mittelpunkte der Erde 49236 Meilen beträgt. Man sieht, daß dieß ganz dasselbe Verfahren mit dem in §. 62. I. vorgetragenen ist, wenn nämlich in dem Dreiecke BCD (Fig. 6) B den Mittelpunkt, BD den Halbmesser der Erde, D den Beobachter und C das Gestirn, also der Winkel BCD = 90 — CBD die Horizontalparallaxe des Gestirns bezeichnet.

§. 64. (Wie die Parallaxe durch Beobachtungen bestimmt wird.) Es wird aber leicht seyn, sich mehrere Arten von Beobachtungen vorzustellen, durch die man die Parallaxe des Mondes finden kann. Sucht man z. B. denjenigen Ort A' (Fig. 11) der Oberfläche der Erde, der den Mond L in demselben Augenblicke in seinem Zenithe (Einl. §. 8), das heißt, in der Verlängerung seines Erdhalbmessers CA' sieht, während

Digitized by Google

ein anderer Ort A den Mond in seinem Horizonte AL erblickt, so werden sich zwei Beobachter, die sich zu diesem Zwecke verabredet haben, nach den Punkten A und A' begeben. Mißt dann jeder von ihnen in dem entsprechenden Augenblicke die Distanz Ma und Mc des Mondes von irgend einem benachbarten Fixsterne M, so wird die Differenz ac dieser scheinbaren Distanzen die gesuchte Horizontalparallaxe des Mondes seyn.

Da es aber vielleicht schwer seyn würde, diese beiden Orte der Erde mit der hier nöthigen Genauigkeit auszuwählen, und da überhaupt alle Beobachtungen der Gestirne in der Nähe des Horizonts sehr unsicher sind, wovon wir die Ursache später sehen werden, so wollen wir die Parallaxe der Gestirne noch auf eine andere Art zu bestimmen suchen. Sey C (Fig. 12) der Mittelpunkt und NN' der Nord- und Süd-Pol der Erde. Die beiden Beobachter A und A' sollen zu beiden Seiten des Aequators und in demselben Meridian NAA' N' liegen, so daß daher der Mond L für beide zu *derselben* Zeit culminirt. Nehmen wir an, daß beide die Zenithdistanzen des Mondes zur Zeit seiner Culmination beobachtet haben. Diese Zenithdistanzen sind die Winkel LAZ und LA' Z', welche die Gesichtslinien LA und LA' mit den verlängerten Erdhalbmessern CA und CA' bilden. Da diese beiden Winkel durch die unmittelbare Beobachtung der Zenithdistanzen des Mondes bekannt sind, so sind also auch die beiden an A und A' liegenden *inneren* Winkel des Vierecks LACA' bekannt.

Wenn nun der Mond L in Beziehung auf den Halbmesser AC der Erde unendlich weit entfernt wäre, so würde er keine merkbare Parallaxe haben, oder man würde ihn an demselben Orte des Himmels sehen, man mag ihn aus dem Punkte A oder A' der Oberfläche der Erde oder aus dem Mittelpunkte C derselben beobachten, d. h. die beiden Zenithdistanzen ZAL und Z'A'L würden gleich seyn den beiden Winkeln ZCL und Z'CL am Mittelpunkte der Erde, also würde auch die Summe jener Zenithdistanzen gleich der Summe dieser Winkel oder gleich dem Winkel ACA' seyn, welchen die beiden Erdhalbmesser im Mittelpunkte der Erde machen. Dieser Winkel ACA' ist aber gleich der Summe der geographischen Breite (Einl. §. 18. II. §. 23) der beiden Beobachter und daher ebenfalls eine gegebene Größe, wenn, wie hier vorausgesetzt wird, die Breiten der Beobachtungsorte A und A' gegeben sind. Demnach ist also auch der Winkel ACA' in dem Vierecke LACA' bekannt, woraus sofort folgt, daß auch der vierte Winkel ALA' desselben Vierecks bekannt ist, da die vier Winkel eines jeden Vierecks immer vier rechten gleich, und da drei derselben schon bekannt sind. Auch sieht man schon aus dem bloßen Anblicke der Figur, daß in dem Dreiecke ACL die beobachtete Zenithdistanz LAZ der äußere Winkel ist, der bekanntlich den beiden inneren entgegengesetzten ALC und ACL zusammen genommen gleich ist, so daß also der Winkel ALA' am Monde gleich ist der Summe der beiden Zenithdistanzen weniger der Summe der beiden geographischen Breiten. Da sonach in dem Vierecke ACA'L alle Winkel und überdieß noch die zwei gleichen Seiten AC und A'C, die den Halbmesser der Erde ausdrücken, bekannt sind, so wird man dadurch auch das ganze Viereck nach (§. 49. I.) auflösen und die Entfernung des Mondes von den beiden Beobachtern bestimmen können.

Kennt man aber so den Winkel ALA' am Mittelpunkte des Mondes, so findet man daraus leicht die Horizontalparallaxe des Mondes für die Zeit der Beobachtung, da sie gleich ist jenem Winkel ALA' di-

Digitized by Google

vidirt durch die Summe der Sinus (Einl. §. 32) der beiden beobachteten Zenithdistanzen.

Sollten die beiden Beobachter nicht genau in demselben Meridian seyn, eine Bedingung, die nicht leicht zu erhalten ist, so wird es genügen, wenn ihre Meridiane, d. h. wenn ihre geographischen Längen nur eben nicht viel von einander verschieden sind. Dann werden nämlich die beiden beobachteten mittägigen Zenithdistanzen nicht mehr gleichzeitig seyn, was doch eigentlich Statt haben muß, wenn die Methode überhaupt noch anwendbar seyn soll. Allein man kann entweder aus den Mondstafeln oder auch aus den an den vorhergehenden und nachfolgenden Tafeln beobachteten Mittagshöhen des Mondes leicht die kleine Höhenänderung desselben ableiten, die der kurzen Zwischenzeit jener beiden Culminationen entspricht und so durch eine kleine Rechnung die beobachteten Zenithdistanzen auf gleichzeitige oder auf solche bringen, die in demselben Augenblicke Statt gehabt hätten. Je weniger die Meridiane der beiden Orte von einander verschieden sind, desto kleiner, und desto sicherer wird also auch jene Reduction seyn. Umgekehrt aber wird man, wie es für sich klar ist, die Distanz der Parallelkreise AA′ oder die Differenz der geographischen Breiten der Beobachter so groß als möglich nehmen, um die Parallaxe des Gestirns mit der größtmöglichen Sicherheit zu bestimmen. Endlich wird diese Bestimmung im Allgemeinen desto genauer seyn, je kleiner die Distanz LC des Gestirns von dem Mittelpunkte der Erde, oder mit anderen Worten, je größer die gesuchte Horizontalparallaxe desselben ist, da für sehr weit entfernte Gestirne die Zenithdistanz ZAL dem geocentrischen Winkel ZCL sehr nahe gleich ist, so daß schon der geringste Fehler in diesen Zenithdistanzen, oder auch in den geographischen Breiten der Beobachtungsorte, den sehr kleinen Winkel ALA′ sehr entstellen und endlich die ganze Methode unbrauchbar machen würde, wie dieß z. B. bei der Sonne der Fall ist, da ihre Horizontalparallaxe nur 8.58 Secunden beträgt.

Für die der Erde sehr nahen Gestirne, wie z. B. für den Mond, wird man selbst diese Correspondenz eines zweiten Beobachters entbehren und die Parallaxe schon durch einen einzelnen Beobachter bestimmen können, ohne daß dieser genöthigt wäre, seine Stelle auf der Oberfläche der Erde zu verlassen. Wenn nämlich der Mond L (Fig. 11) für den Beobachter in A aufgeht, so sieht er ihn bei dem Sterne a, während ihn ein Beobachter im Mittelpunkte C der Erde bei dem Sterne c sehen würde, so daß, wie gesagt, ac die Horizontalparallaxe des Mondes ist. Allein der Beobachter kennt den Stern noch nicht, bei dem der Mond, von C gesehen, erscheinen würde, also ist ihm auch dieser Bogen ac noch unbekannt. Allein in sechs Stunden später, wo der Mond durch das Zenith Z, oder doch durch den Meridian desselben Beobachters A geht, fallen die beiden Linien LA und LC zusammen, nämlich beide auf die Linie CAZ und nun sieht der Beobachter in A, so wie der in C, den Mond bei demselben Stern c, dessen Distanz von a man daher nur zu messen braucht, um die gesuchte Horizontalparallaxe ac des Mondes zu erhalten. Noch besser wird es seyn, den Mond bei seinem Aufgange und bei seinem darauf folgenden Untergange zu beobachten, weil man auf diese Weise die doppelte Horizontalparallaxe erhält und kleinere Fehler der Beobachtungen, die man nie ganz vermeiden kann, einen geringeren Einfluß auf das gesuchte Resultat liefern.

So wie nämlich der Winkel CLA, wo das Gestirn L im Horizonte AL des Beobachters ist, die Horizontalparallaxe des Gestirns heißt, so heißt auch der Winkel CL′A, wo das Gestirn L′ von dem

Digitized by Google

Beobachter in A in der Höhe LAL' über seinem Horizonte (s. Einl.) gesehen wird, die Höhenparallaxe des Gestirns, die immer kleiner wird, je größer die Höhe LA'L' des Gestirns ist, bis sie endlich im Zenithe, wo die Höhe gleich 90° wird, völlig verschwindet. Man sieht leicht, daß die Höhenparallaxe eines Gestirns gleich ist der Horizontalparallaxe multiplicirt durch den Cosinus (Einl. §. 32) der Höhe desselben.

§. 65. (Wie die Größe der Gestirne gefunden wird.) Wir haben oben (§. 62) gezeigt, wie man, wenn die Horizontalparallaxe eines Gestirns bekannt ist, die Entfernung desselben von der Erde finden kann. Nimmt man nämlich den Halbmesser der Erde zu 859.3 Meilen (§. 4) an, so findet man die Entfernung des Mittelpunktes des Gestirns von dem der Erde, wenn man diese Zahl 859.3 durch den Sinus (Einl. §. 32) der Horizontalparallaxe dividirt, oder kürzer, wenn man die Zahl 177243006 durch die Horizontalparallaxe selbst dividirt. Für die Sonne z. B. hat man, wie wir bereits oben gesagt haben, die Horizontalparallaxe 8".58 also ist die Entfernung derselben von dem Mittelpunkte der Erde gleich 20657700 Meilen.

Der Planet Venus, der unter der Benennung des Morgen- und Abend-Sterns bekannt ist, erscheint uns in seinem Durchmesser von sehr verschiedener Größe, woraus folgt, daß seine Entfernung von der Erde ebenfalls sehr verschieden seyn müsse. Wenn er uns am nächsten steht oder wenn er am größten erscheint, beträgt seine Horizontalparallaxe 34".58, woraus, wie zuvor, folgt, daß er zu dieser Zeit 5125600 Meilen von uns entfernt ist. In seinem größten Abstande von der Erde aber ist seine Horizontalparallaxe nur 5".06 und daher seine Entfernung 35028000 Meilen.

Kennt man aber einmal die Entfernung eines Gestirns von der Erde, so darf man sie nur durch den Sinus des scheinbaren Halbmessers desselben multipliciren, um sofort auch den wahren Halbmesser des Gestirns zu erhalten. Der scheinbare Halbmesser aber ist die Hälfte des Winkels, z. B. in Secunden ausgedrückt, unter welchem uns der Durchmesser des Gestirns erscheint, während der wahre Halbmesser desselben den Abstand des Mittelpunktes des Gestirns (z. B. in Meilen ausgedrückt), von jedem anderen Punkte seiner sphärischen Oberfläche bezeichnet. Kennt man aber den wahren Halbmesser einer Kugel, so findet man daraus, nach den in §. 5 aufgestellten Formeln, auch die Oberfläche und den körperlichen Inhalt desselben, jenen in Quadrat- und diesen in Kubik-Meilen. Um endlich bei diesen kleinen Rechnungen die Sinus gänzlich zu vermeiden, kann man auch sagen, daß der wahre Halbmesser eines Gestirns gleich ist der Zahl 859.3, multiplicirt durch den scheinbaren Halbmesser und dividirt durch die Horizontalparallaxe des Gestirns.

So hat man für die Sonne den scheinbaren Halbmesser 961" und die Horizontalparallaxe 8".58, also ist der wahre Halbmesser der Sonne 96246 Meilen, oder nahe 112mal größer als der Halbmesser der Erde. Da sich nun die Oberfläche der Kugeln wie die Quadrate, und die körperlichen Inhalte derselben wie die Würfel ihrer Halbmesser verhalten, so folgt, daß die Oberfläche der Sonne 12544mal größer ist, als die der Erde, und daß das Volumen der Sonne 1404900mal größer ist, als das der Erde, oder daß man aus der Sonne gegen 1½ Millionen solcher Kugeln, wie unsere Erde ist, bilden könnte.

Wendet man endlich dieselben kleinen Berechnungen auf die Venus an, deren scheinbarer Halbmesser in ihrer größten Nähe 32".8 und

Digitized by Google

ihrer größten Entfernung 4″.8 ist, so findet man für den wahren Halbmesser der Venus 815 Meilen, woraus folgt, daß dieser Planet nur wenig kleiner ist, als unsere Erde.

§. 66. (Genauigkeit der vorhergehenden Bestimmungen.) Die vorhergehenden Bestimmungen der Entfernung sowohl, als auch die der absoluten Größe der Gestirne beruhen, wie man sieht, auf den Winkeln, welche die scheinbaren Halbmesser und die Horizontalparallaxe dieser Gestirne ausdrücken. Je genauer diese Winkel gemessen werden können, desto genauer werden auch im Allgemeinen die daraus durch Rechnung abgeleiteten Resultate für die Entfernung und die Größe der Gestirne seyn. Eine besondere Sorgfalt wird man aber auf die genaueste Bestimmung der Horizontalparallaxe vorzüglich in denjenigen Fällen wenden, wo diese Parallaxe, wie bei der Sonne, selbst nur sehr klein ist. Denn da, nach dem Vorhergehenden, der Bruch, der die Entfernung sowohl, als die absolute Größe ausdrückt, zu seinem Nenner diese Parallaxe hat, so wird der geringste Fehler in der letzten auf die Entfernung sowohl, als auf den wahren Halbmesser des Gestirns schon einen sehr ungünstigen Einfluß äußern. Wäre z. B. die Horizontalparallaxe der Sonne um eine Secunde größer, also 9″.58, so würde der wahre Halbmesser derselben 86200, also über 10046 Meilen kleiner als früher, und die Entfernung derselben von der Erde 18501000, oder über 2 Millionen Meilen kleiner als zuvor gefunden werden. Besonders wichtig wird diese Bestimmung der Sonnenparallaxe seyn, weil sie, wie wir später sehen werden, auf die genaue Kenntniß der Dimensionen unseres ganzen Planetensystems den wichtigsten Einfluß hat, und weil sie, oder was dasselbe ist, weil die aus ihr abgeleitete Entfernung der Sonne von der Erde, gleichsam der Maßstab ist, mit welchem wir alle übrigen Distanzen der Himmelskörper auszumessen pflegen. Wir werden daher weiter unten die Leser noch mit einem andern Mittel bekannt zu machen suchen, diese Parallaxe der Sonne mit der größten Schärfe zu bestimmen. — Uebrigens würde man aus diesen großen Unterschieden mit Unrecht folgern, daß wir die Entfernungen aller Körper unseres Planetensystems nur sehr unvollkommen kennen, da jene großen Differenzen nur für die von uns sehr entfernten, nicht aber auch für die näheren Gestirne Statt haben. Für den Mond z. B. findet man (§. 63), wenn man die Horizontalparallaxe gleich einem Grad voraussetzt, die Entfernung desselben gleich 49236 Meilen. Ist aber die Horizontalparallaxe desselben gleich 1° 0′ 1″, so ist die Entfernung gleich 49223 Meilen. Sind wir also über die Horizontalparallaxe des Mondes eine Secunde ungewiß, so heißt dieß, daß wir über die Entfernung desselben nur über 13 M. oder über den 3800sten Theil der ganzen Distanz ungewiß sind. Es ist aber sehr zweifelhaft, ob wir selbst die Distanz der vorzüglichsten Städte der Erde auf ihren 3800sten Theil genau kennen und demnach darf man allerdings sagen, daß die Astronomen die Wege am Himmel besser wissen, als unsere Geographen auf der Erde.

I. Was aber überhaupt unsere Messungen der Winkel zwischen den Gestirnen des Himmels betrifft, so wollen wir bemerken, daß die Kreise unserer besten neueren Instrumente von zwei zu zwei Secunden getheilt sind, und daß man in den meisten Fällen, wenn man mit der gehörigen Umsicht zu Werke geht und die Beobachtungen unter günstigen Umständen wiederholt, jeden Winkel bis auf eine Secunde, d. h. also, bis auf den 1296000sten Theil der Peripherie des Kreises genau erhalten kann. Mißt man mit einem solchen Instrumente den Winkel eines Gegenstandes, der eine d. Meile oder 22841.8 Par. Fuß von dem Mittel-

Digitized by Google

punkte des Instruments entfernt ist, und beträgt der Fehler des beobachteten Winkels eine Secunde, so beträgt dieser Fehler in dem Gegenstande selbst einen Fehler von 0.1107 Fuß, um welchen derselbe in seinem Durchmesser zu klein oder zu groß gefunden würde. Für eine Entfernung von 100 oder 1000 M. würde dieser Fehler von einer Secunde 11.07 oder 110.74 Fuß u. s. w. Kurz, er würde immer den 0.00004885sten Theil der Entfernung des Gegenstandes von dem Beobachter betragen. Für den Mond, dessen Entfernung 49200 M. ist, würde dieser Fehler nahe zwei Zehntel einer Meile, für die Sonne aber, die 20½ Millionen M. von uns absteht, würde dieser Fehler schon nahe 100 M. ausmachen, über die wir z. B. in dem wahren Halbmesser der Sonne unsicher sind, wenn der Fehler unserer Beobachtung des scheinbaren Halbmessers derselben eine Secunde beträgt. Uebrigens ist eine Secunde, am Himmel gesehen, nur eine sehr kleine Größe, und wohl nur durch unsere besseren Fernröhre mit einiger Sicherheit zu messen, da der Durchmesser der Sonne nahe 2000 Secunden und der des Saturns, ohne seinen Ring, so klein er uns auch erscheint, schon volle 18 Secunden, d. h., so viel und selbst mehr beträgt, als ein gewöhnliches Menschenhaar mit seiner Breite am Himmel bedecken würde, wenn es in der Entfernung vom Auge, wo es am reinsten und deutlichsten erscheint, gehalten wird.

II. Um dieselbe Sache noch von einer anderen, unserem Zwecke mehr angemessenen Seite darzustellen, so können wir, der vorhergehenden Voraussetzung gemäß, mittelst unserer Instrumente und der an sie angebrachten Fernröhre den Durchmesser eines Gegenstandes noch bemerken und selbst an unserem Instrumente messen, wenn derselbe in unserem durch das Fernrohr bewaffneten Auge einen Winkel von einer Secunde einnimmt, oder was dasselbe ist, wenn dieser Durchmesser nur den 0.00004885sten Theil, oder nahe den zweimalhunderttausendsten Theil der Entfernung des Gegenstandes von unserem Auge beträgt. Also werden wir auch in dem scheinbaren Durchmesser dieses Gegenstandes schon eine Aenderung, und zwar von einer Secunde, bemerken, wenn wir den Standpunkt unseres Auges, oder wenn wir den Mittelpunkt unseres Instrumentes, senkrecht auf die Gesichtslinie, um eine Linie verrücken, die nur den 200000sten Theil jener Entfernung des Gegenstandes von uns ausmacht, und wenn wir, bei einer solchen Verrückung des Auges, keine Aenderung an dem scheinbaren Durchmesser des Gegenstandes bemerken sollten, so werden wir daraus den Schluß ziehen, daß er noch weiter von uns entfernt seyn muß, als diese Verrückung des Auges, 200000mal genommen, beträgt.

Nehmen wir z. B. an, der Mittelpunkt unseres Instrumentes sey in der Peripherie des Kreises AA' (Fig. 13), und zwar zuerst in dem Punkte A aufgestellt, und man habe damit den Winkel VAm des Gegenstandes m mit der fixen Linie AV gemessen. Es sey nun AA' ein Bogen von 90 Graden und die Linie A'V' mit AV parallel. Wenn der Halbmesser CA oder CA' des Kreises fünf Fuß und die Distanz Cm des Gegenstandes eine Million Fuße oder nahe 44 M. beträgt, so werden wir, wenn wir von A nach A' gehen, wo der Halbmesser A'C senkrecht auf die erste Gesichtslinie CAm steht, mit unbewaffnetem Auge und ohne Instrument keine, auch nicht die geringste Aenderung in dem scheinbaren Durchmesser des Gegenstandes m bemerken, oder die Winkel VAm und V'A'm werden uns vollkommen gleich erscheinen. Mit unserem Instrumente aber werden wir, wenn wir den Mittelpunkt desselben in A' aufstellen, den Unterschied dieser Winkel, da er in der That eine Secunde beträgt, schon bemerken können.

Digitized by Google

III. Dieß ist demnach einer von den vielen Fällen, die so oft in der Astronomie vorkommen, wo uns genaue Messungen, die wir mit Hilfe eines guten Instruments angestellt haben, in eine sehr vortheilhafte und von jener ganz verschiedene Lage versetzen, mit welcher wir uns, ohne den Beistand dieser Instrumente und bloß unseren Sinnen vertrauend, begnügen müßten. Durch die Unterstützung dieser Instrumente, durch den vollkommenen Bau und die genaue Eintheilung der Kreise sowohl, als auch durch die Vorzüglichkeit der Fernröhre, die beide durch die Künstler unserer Zeit zu einem so hohen Grade der Vollendung gebracht worden sind, ist es uns möglich geworden, Gegenstände, von welchen unsere Vorfahren keine Ahnung haben konnten, nicht bloß zu sehen, sondern förmlich zu beobachten, einer genauen Messung zu unterwerfen, darauf mit Sicherheit weitere Schlüsse zu bauen und auf diesem Wege die Natur um ihre so lange vor uns verborgenen Geheimnisse zu befragen. Aber, so weit wir auch auf dieser Bahn vorgedrungen sind, und so sehr sich, durch die Vervollkommnung jener mechanischen Hilfsmittel sowohl, als auch durch die Vollendung der mathematischen Analyse, dieses wundervollen Instrumentes unseres geistigen Auges, so sehr sich auch durch diese vielfache Hilfe der Kreis unserer Kenntnisse der Natur und ihrer Gesetze erweitert haben mag — noch liegt ein großer Theil dieses unabsehbaren Feldes unerforscht und in Dunkel gehüllt vor uns, und unseren glücklicheren Nachkommen wird es aufbehalten seyn, die uns unübersteiglichen Hindernisse zu besiegen, die Gränzen der Wissenschaft zu erweitern und den, in Betracht des noch Unbekannten, gewiß nur sehr kleinen Schatz von Kenntnissen, den wir ihnen mit Vertrauen als ihr bestes Erbe hinterlassen, durch Fleiß und Einsicht und durch neue Verbesserungen ihrer Hilfsmittel zu vermehren. Wir werden nur zu bald sehen, wo und wie sehr es uns noch fehlt, wie viel uns noch zu wünschen übrig ist und wie beschränkt unsere Kenntnisse, selbst in derjenigen Wissenschaft sind, in welcher der menschliche Geist weiter, als in jeder anderen, vorgedrungen ist.

§. 67. (Entfernung und Größe der Fixsterne.) Wir haben oben (§. 64) die Mittel vorgetragen, die Horizontalparallaxe der Gestirne durch Beobachtungen zu bestimmen und sie auch auf einige Körper unseres Planetensystems, auf den Mond, die Venus und die Sonne angewendet. — Allein diese Körper sind uns alle, wenn sie gleich durch Tausende, ja selbst durch Millionen Meilen von uns getrennt sind, doch immer noch für nahe, wenigstens für so nahe zu achten, daß der Halbmesser unserer Erde, in Beziehung auf die Distanz jener Körper, nicht mehr als ein ganz verschwindender Punkt angesehen werden darf, wenigstens nicht mehr für die besten unserer Instrumente, mit welchen wir, wie wir oben angenommen haben, die gewiß sehr kleine und unseren unbewaffneten Augen ganz unmerkliche Größe von einer Secunde noch deutlich unterscheiden können. Für den entferntesten Körper unseres Systems, für den Planeten Uranus, beträgt diese Horizontalparallaxe, selbst wenn sie am größten ist, nur 0.47 einer Secunde, und sie ist daher bereits so klein, daß wir sie, ungeachtet der großen Vollkommenheit unserer neueren Instrumente, nicht mehr bemerken würden. Auch ist sie nicht durch Beobachtungen der Art, wie die in §. 64 erklärten, erhalten worden. Aber nach dem oben (§. 58) angeführten Gesetze Keplers und der bekannten Umlaufszeit des Uranus um die Sonne, der 30689 Tage beträgt, findet man, daß seine kleinste Entfernung von der Erde 376 Millionen Meilen übersteigt. Dividirt man also den Halbmesser der Erde von 859 M. durch 376 Millionen, so erhält man den Sinus der Horizontalparallaxe

dieser entferntesten aller Planeten, die also, auf diesem Wege, gleich 0″.47 gefunden wird.

Allein dieser Weg ist uns für die Fixsterne verschlossen, da diese nicht, wie die Planeten, für welche allein jenes Gesetz gilt, sich um die Sonne bewegen. Daß aber diese Fixsterne noch weiter, als jener Planet, von uns entfernt seyn müssen, folgt schon daraus, weil wir diesen Planeten, so oft er an einem jener Sterne nahe vorbei geht, sie bedecken sehen, während man noch nie einen Stern auf der Scheibe des Planeten, oder während man noch nie den Planeten *vor* einem jener Sterne gesehen hat.

Da nun die Parallaxe des Uranus bereits so klein ist, daß sie selbst für unsere besten Instrumente als ganz unbemerkbar betrachtet werden muß, so würde es eine vergebliche Mühe seyn, die Parallaxe, also auch die Entfernung der noch viel weiter entfernten Fixsterne durch eine der oben angeführten Methoden kennen lernen zu wollen.

Wir haben oben (§. 62. IV.) gesehen, daß bei diesen Methoden, die Parallaxe zu bestimmen, alles auf die Größe der Basis oder der Grundlinie ankömmt, von welchen die ganze Messung abhängt, und daß das Resultat im Allgemeinen desto genauer seyn wird, je größer diese Basis ist. Allein die größte dieser Grundlinien, die wir auf der Erde erhalten können, ist der Halbmesser, oder wenn man das Doppelte dieser Parallaxe sucht, der Durchmesser der Erde, d. h. eine gerade Linie von 1718.6 M. Diese Größe, die nahe zehnmal größer ist, als die Distanz von Wien nach Paris, ist daher gegen die Distanz der Fixsterne von uns nur als ein unmerklicher Punkt zu betrachten, und wir haben, so lange uns keine andere Standlinie, als der Halbmesser der Erde ist, gegeben wird, durchaus kein Mittel, die Entfernung derjenigen Himmelskörper zu bestimmen, die mehr als 177 Millionen Meilen von uns abstehen müssen, da für diesen Abstand die Horizontalparallaxe bereits eine Secunde oder den kleinsten Theil des Winkels beträgt, den wir mit unseren vollkommensten Instrumenten noch sehen können. Ein Gestirn, welches eine Billion Meilen von uns entfernt ist, würde eine Parallaxe von 0.0002 einer Secunde oder eine so geringe Größe haben, daß sie wohl nie für ein menschliches Auge bemerkbar seyn wird, welches auch die Verbesserungen seyn mögen, deren in der Folgezeit unsere Instrumente sich noch erfreuen können.

§. 68. (Jährliche Parallaxe der Fixsterne.) Wenn aber die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne, die wir in dem vorhergehenden Kapitel betrachtet, und aus den dort angeführten Gründen bereits sehr wahrscheinlich gefunden haben, in der That wahr seyn sollte, so würde uns dadurch nicht nur die gewünschte größere Basis, sondern auch noch zugleich einer der schönsten Beweise für diese jährliche Bewegung der Erde selbst gegeben seyn. — Denn, wenn die Erde sich in der That in jedem Jahre in einem Kreise bewegt, dessen Halbmesser gleich der Entfernung derselben von der Sonne oder gleich 20658000 M. ist, so werden wir uns auf diesem unserem Weltschiffe am Ende eines jeden halben Jahres an einer Stelle des Himmels befinden, die über 41 Millionen Meilen von dem Punkte entfernt ist, wo sich die Erde am Anfange jenes Semesters befand, und eine so gewaltige Entfernung wird ohne Zweifel auf die, aus diesen beiden Stellungen der Erde sichtbaren Gestirne und ihre Lage am Himmel, einen sehr deutlichen Einfluß äußern. Dadurch wäre uns also ein ganz anderer Maßstab, die Räume des Universums auszumessen, gegeben, der gegen 24000mal größer ist, als jener erste, und für den daher auch wohl jene kleinen Winkel, die in Beziehung auf den Halbmesser der Erde für unsere Sinne gänzlich verschwinden, da sie

Digitized by Google

nun nahe in demselben Verhältnisse oder 24000mal vergrößert werden, sich unseren Beobachtungen nicht weiter entziehen werden. Wir wollen diesen glücklichen Umstand, in welchen uns die Bewegung unserer Erde versetzt, und durch welchen unser Gesichtskreis am Himmel so bedeutend erweitert werden soll, sogleich näher betrachten.

Zuerst wird es zweckmäßig seyn, sich von der eigentlichen Größe dieser neuen Standlinie von 41 Millionen Meilen einen uns mehr angemessenen sinnlichen Begriff zu machen zu suchen. Sie ist nahe 200000mal größer als die Entfernung Wiens von Paris. Sie verhält sich zu einer Meile, wie die Zeit von nahe zwei Jahren zu einer Secunde. Die schnellsten unserer englischen Rennpferde legen in einer Secunde 50 Par. Fuß zurück. Ein solches Pferd würde, um den Durchmesser der Erdbahn von 41 Millionen Meilen zurückzulegen, volle 594 Jahre brauchen. Die größte Geschwindigkeit eines leichtsegeluden Schiffs, die man bisher bemerkt hat, ist unter den günstigsten Umständen von Wind und Wasser auf der See, gleich 26 Par. Fuß in einer Secunde oder nahe 100 Meilen in einem Tage. Ein solches Schiff würde daher auf jenem dem Durchmesser unserer Erdbahn gleichen Wege 1178 Jahre zubringen.

Dieser Weg darf also in der That ungeheuer genannt werden. Und an den beiden Endpunkten einer solchen unübersehlichen, beinahe unbegreiflichen Straße — welche Veränderungen wird da der gestirnte Himmel und alle die Gegenstände erleiden, die zu beiden Seiten dieser Straße in dem großen Weltraume zerstreut sind? Sterne, die hier nahe beisammen stehen, weil sie so weit von uns entfernt sind, werden dort, wo wir ihnen 41 Millionen Meilen näher gekommen sind, weit aus einander stehen, und umgekehrt: anfangs weit von einander entfernte Sterne werden ganz nahe an einander rücken; solche Sterne, die uns hier groß erscheinen, werden dort kaum mehr gesehen werden, und dafür andere hell und groß erscheinen, die wir hier noch nicht sehen konnten; alle Sterne werden verändert, alle Sternbilder werden in ihrer Gestalt verrückt, und der ganze Himmel wird ein anderer erscheinen.

Alles dieß läßt sich allerdings bei einer so gewaltigen Veränderung unseres Standpunkts mit der größten Wahrscheinlichkeit erwarten. Auch haben die Astronomen seit Copernicus, d. h. seit ihnen diese Bewegung der Erde bekannt war, sich bemüht, diese wunderbaren Veränderungen des Himmels zu entdecken und durch ihre Beobachtungen über alle Zweifel zu erheben. Und welche Veränderungen haben sie gefunden? — Gar Keine! Ihre besten Fernröhre, ihre vollkommensten Instrumente, die seit Jahrhunderten vereinigten Arbeiten der ausgezeichnetsten Beobachter — alles war umsonst; jene mit so vieler Sicherheit erwarteten Veränderungen existiren nicht, und der uns umgebende unübersehbare Wald von Sternen zeigt durchaus denselben Anblick, man mag ihn am Anfange oder am Ende dieses 41 Millionen Meilen langen Weges betrachten. Alle diese mit so viel Aufwand von Zeit und Mühe angestellten Beobachtungen der Astronomen glichen den Bemühungen einer Milbe, die den Gipfel eines entfernten Gebirges zuerst von dieser, und dann von der anderen Seite eines Hirsekorns betrachtet.

§. 69. (Die Entfernung der Fixsterne ist ungemein groß.) Und was soll man aus dem Mißlingen aller dieser Arbeiten schließen? Eins von beiden: entweder ist es nicht wahr, daß die Erde sich um die Sonne bewegt, und dann fallen jene nur geträumten Veränderungen des gestirnten Himmels von selbst weg; oder aber, die Distanz dieser Fixsterne von uns ist so ungeheuer, daß selbst jene Entfernung von 41 Millionen Meilen nur wie ein unmerklicher Punkt gegen jene Distanz verschwindet.

Digitized by Google

Das erste wird man nicht annehmen können, wenn man die Gründe, die in dem vorhergehenden Kapitel für die jährliche Bewegung der Erde aufgestellt sind, auch nur mit einiger Aufmerksamkeit erwägt.

Wenn jetzt in der 11ten Figur C den Mittelpunkt der Sonne und zugleich den Mittelpunkt des Kreises AA'B bezeichnet, welchen die Erde jährlich um die Sonne zurücklegt, so wird ein Fixstern L, wenn er in der That so weit von der Erde, oder, was hier dasselbe ist, von der Sonne entfernt ist, daß der Halbmesser CA der Erdbahn gegen jene Entfernung nur als ein Punkt betrachtet werden muß, an demselben Orte des Himmels erscheinen, er mag von dem Mittelpunkte C der Sonne oder von dem A der Erde beobachtet werden, oder mit anderen Worten der Winkel ALC unter welchem einem Auge in dem Mittelpunkte des Sterns der Halbmesser AC der Erdbahn erscheint, wird kleiner als eine Secunde, also für unsere Sinne, der obigen Annahme gemäß, unmerklich seyn. Man kann diesen Winkel, analog mit der vorigen Bezeichnung, die jährliche Parallaxe des Gestirns heißen, während die bisher betrachtete, oder der scheinbare Winkel des Halbmessers der Erdbahn, zum Unterschiede von jenen, die tägliche Parallaxe des Gestirns genannt wird. Wir haben oben (§. 67) die tägliche Parallaxe des entferntesten unserer Planeten, des Uranus, gleich 0.47 Secunden gefunden, und diese ist allerdings so klein, daß sie auch mit unseren besten Instrumenten nicht mehr bemerkt werden kann. Die jährliche Parallaxe dieses Planeten aber ist der Winkel L des in A rechtwinkligen Dreiecks, dessen Seite CA, dem Halbmesser der Erdbahn und dessen Hypotenuse CL gleich der Entfernung des Planeten von der Sonne oder nahe 19mal größer als CA ist. Daraus folgt, daß dieser Winkel, oder daß die jährliche Parallaxe des Uranus mehr als drei volle Grade beträgt, wie er denn auch durch alle Beobachtungen genau von dieser Größe gefunden wird. Noch viel größer ist er für die übrigen Planeten, die der Sonne alle näher stehen. Für Mars z. B., dessen Entfernung CL von der Sonne nahe ein und ein halbmal so groß als CA ist, beträgt die jährliche Parallaxe 41° 49', ebenfalls den Beobachtungen vollkommen gemäß. Durch diese jährlichen Parallaxen der Planeten ist daher die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne bereits hinlänglich, als durch Thatsachen, die sich nicht weiter bezweifeln lassen, erwiesen, und wenn sich die jährliche Parallaxe der Fixsterne unseren Beobachtungen entzieht, so kann der Grund davon nicht mehr in der Nichtexistenz der Bewegung der Erde, sondern er muß allein in der zu großen Entfernung der Fixsterne von uns gesucht werden.

§. 70. (Negative Bestimmung der Entfernung der Fixsterne.) Da dieser Durchmesser der Erdbahn die größte Linie ist, die wir unseren Messungen der Entfernung der Fixsterne als Basis noch zu Grunde legen können und da sie, wie wir so eben gesehen haben, noch immer viel zu klein ist, um uns über diese Entfernung irgend eine positive Kenntniß zu verschaffen, so werden wir uns wohl begnügen müssen, wenigstens die Gränze anzugeben, inner welcher, aller Wahrscheinlichkeit zu Folge, noch kein Fixstern gefunden werden kann. Wenn die jährliche Parallaxe des Sterns, das heißt also, wenn der Halbmesser der Erdbahn aus dem Stern gesehen, noch eine ganze Secunde betrüge, so würden wir, nach so vielen zu diesem Zwecke angestellten Beobachtungen, den oder die Sterne schon längst gefunden haben, welchen diese Parallaxe zukömmt. Nach dem Vorhergehenden aber ist die Entfernung eines Gestirns, dessen jährliche Parallaxe gegeben ist, gleich dem Halbmesser der Erdbahn dividirt durch den Sinus dieser Parallaxe. Nehmen wir daher den

Digitized by Google

Halbmesser der Erdbahn zu 20658000 Meilen und die jährliche Parallaxe gleich einer Secunde an, so finden wir für die Entfernung des Sterns die Distanz von 4261000 Millionen oder, in runder Zahl, von vier Billionen Meilen. Daraus folgt also, daß der nächste Fixstern wenigstens noch vier Billionen Meilen von uns entfernt seyn müsse. Ja man könnte diese Distanz mit Recht noch verdoppeln, da es sich hier, nicht um den Halbmesser, sondern um den Durchmesser der Erdbahn handelt, aus dessen äußersten Endpunkten wir, im Anfange und am Ende eines jeden halben Jahres, den Stern beobachten können, wo wir dann den Winkel ALB (Fig. 11) gleich zwei Secunden finden würden, wenn die jährliche Parallaxe ALC nur eine einzige Secunde beträgt.

Bleiben wir aber, um gewiß nichts zu übertreiben, und dafür desto sicherer zu gehen, bei der ersten Bestimmung stehen und wählen wir auch hier noch die kleineren runden Zahlen, so können wir mit Bestimmtheit sagen, daß der nächste Fixstern wenigstens noch 4 Billionen M. oder 200000 mal weiter, als die Sonne, von uns entfernt seyn müsse. Der Kürze wegen wollen wir die Entfernung der Erde von der Sonne oder diese Distanz von 20000000 M. eine Erdweite, und die 200000 mal größere des nächsten Fixsterns, oder die Distanz von 4 Billionen M. eine Sternweite nennen.

Wenn aber die Größe dieser Erdweite, wie wir in §. 68 gesehen haben, mit anderen sinnlichen Wahrnehmungen verglichen, uns schon so ungemein groß erscheint, wie sollen wir erst diese Entfernung des nächsten Fixsterns mit einem ihr würdigen Namen nennen? Sie verhält sich zu einer Meile, wie 190000 Jahre zu einer Secunde; jenes schnell segelnde Schiff würde gegen 118 Millionen Jahre und jenes Rennpferd würde noch immer über 59 Millionen Jahre brauchen, um diese Distanz von dem Fixstern bis zu uns zurückzulegen. Das Licht, dessen Geschwindigkeit die größte ist, die wir in der Natur kennen, legt den Weg von der Sonne zur Erde in 8 Minuten und 13 Secunden zurück; seine Geschwindigkeit ist also gegen 38 Millionenmal größer, als die jenes Schiffes, und doch würde es, um von jenem Fixsterne bis zu uns zu gelangen, auf seinem Wege mehr als drei volle Jahre zubringen. — Und dieß gilt nur von dem nächsten Fixsterne. Die anderen können vielleicht noch viele Tausendmale weiter von uns entfernt seyn, ja es ist nicht nur möglich, sondern selbst wahrscheinlich, daß es Fixsterne gibt, von welchen das Licht, ungeachtet seiner an das Entsetzliche gränzenden Geschwindigkeit, erst in Jahrtausenden bis zu uns gelangt, so daß zur Zeit unseres Moses oder Alexanders am Himmel totale Veränderungen vorgegangen seyn können, von welchen wir, die wir ihn noch immer unverändert sehen, keine Kunde haben, weil der Bote, der sie uns bringen soll, weil das Licht seitdem noch nicht Zeit gehabt hat, aus jenem Raume bis zu uns zu gelangen.

§. 71. (Wahre Größe der Fixsterne.) Da wir über die Entfernung der Fixsterne keine nähere Kenntniß haben, so bleiben wir auch über die wahre Größe dieser Himmelskörper in Ungewißheit. Diese Ungewißheit wird noch dadurch vermehrt, daß wir die scheinbare Größe derselben oder die Winkel, welche ihre Durchmesser in unserem Auge bilden, wegen der ungemeinen Kleinheit derselben, nicht mehr mit Zuverläßigkeit angeben können. Zwar erscheinen Sirius, die Ziege, die Leier und andere Gestirne der ersten Größe mit ihrem lebhaften Lichte dem freien Auge noch immer von nicht unbeträchtlicher Größe, aber dieses scintillirende Licht, welches sie ringsum umgibt, ist nicht der Kern, der eigentliche Körper des Sterns, sondern nur ein nach allen Seiten überfließendes parasitisches Licht,

Digitized by Google

dessen Ursprung nicht sowohl in dem Stern, als vielmehr in der Unvollkommenheit unseres Auges zu suchen ist, daher denn auch im Allgemeinen die Fixsterne immer kleiner, immer mehr als eigentliche Punkte erscheinen, je vollkommener das Fernrohr ist, durch welches man sie betrachtet.

Da übrigens der wahre Halbmesser eines jeden kugelförmig gebauten Gestirns gleich ist dem Produkte der Entfernung desselben von der Erde in dem Sinus des scheinbaren Halbmessers des Gestirns, so würde es leicht seyn, die wahre Größe derselben anzugeben, wenn man ihre scheinbare Größe und ihre Entfernungen als bekannt voraussetzen könnte. So will z. B. der ältere Herschel den scheinbaren Halbmesser des schönen Sterns in der Leier, der unter dem Namen Wega bekannt ist, gleich $^1/_4$ einer Secunde gefunden haben. Nimmt man die Entfernung desselben gleich einer Sternweite oder gleich 200000 Erdweiten, oder seine jährliche Parallaxe gleich einer Secunde an, so folgt daraus, daß sein wahrer Halbmesser gleich 0.16 Erdweiten oder, da eine Erdweite 214 Sonnenhalbmesser beträgt, gleich 34 Sonnenhalbmesser ist, so daß daher der körperliche Inhalt dieses Sterns den der Sonne gegen 39000 mal übertreffen würde. Wäre die jährliche Parallaxe eines Sterns, so wie sein scheinbarer Halbmesser, jede gleich einer Secunde, so würde der wahre Halbmesser des Sterns gleich dem Halbmesser der Erdbahn oder der Stern würde so groß seyn, daß er den Raum, den die jährliche Bahn der Erde im Weltraume einnimmt, ganz ausfüllen würde. Damit der scheinbare Halbmesser der Sonne von der Erde gesehen, der jetzt 960 Secunden beträgt, nur eine halbe Secunde betrage, müßte die Distanz der Sonne von uns nahe gleich 1890 Erdweiten, oder sie müßte 1890 mal weiter von uns entfernt seyn, als sie jetzt ist. Wollte man aber die Sonne in die Entfernung des nächstens Fixsterns, also in die Distanz von 4 Billionen Meilen von uns versetzen, so würde ihr scheinbarer Halbmesser nur mehr unter dem äußerst geringen Winkel von 0.002 Secunden von uns gesehen werden.

Ohne Zweifel sind jene so weit von uns entfernte Fixsterne an Größe unter einander sehr verschieden und es ist nicht unwahrscheinlich, daß viele derselben die Sonne an Größe weit übertreffen, obschon sie alle darin unserer Sonne ähnlich sind, daß sie, wie diese, mit ihrem eigenen Lichte leuchten, während der Mond und die Planeten und andere an sich dunkle Körper nur durch das von der Sonne geborgte und von ihrer Oberfläche reflectirte Licht uns sichtbar werden. Ohne Zweifel sind jene Fixsterne ebenfalls solche Sonnen, um welche sich wieder andere dunkle Körper bewegen, die von ihren Centralpunkten, wie die Planeten von unserer Sonne, Licht und Wärme erhalten. Es ist selbst möglich, daß viele dieser Centralkörper, die Quelle der Bewegung unzähliger sie umkreisenden Planeten und Kometen, an sich dunkle, also uns für immer unsichtbare Körper sind, und vielleicht sind eben die größten unter ihnen solche dunkle Sterne, deren ungeheure Masse eine so gewaltige Anziehung aller Theile ihrer Oberfläche gegen den Mittelpunkt derselben ausübt, daß die Kraft dieser Attraction die Schnellkraft des Lichtes, mit welcher sich dasselbe von den leuchtenden Körpern zu entfernen sucht, überwiegt und daher dieses Licht nicht mehr ausströmen läßt. Ueberhaupt sind wohl die lichten und dunklen Himmelskörper nicht eben so verschieden, wie wir sie uns bisher vorzustellen pflegten. Unsere Sonne selbst ist wahrscheinlich ein vollkommen dunkler Körper, nur mit einer leuchtenden Atmosphäre umgeben. Der Mond, den wir für einen durchaus lichtlosen Körper halten, scheint doch auch ein eigenes phosphores-

Digitized by Google

rendes Licht zu haben, wie seine Kupferfarbe bei totalen Mondfinsternissen zeigt. Die Kometen haben wahrscheinlich alle ein ihnen eigenthümliches Licht und die sogenannten veränderlichen Sterne, die regelmäßige Abwechslungen ihres Lichtes zeigen, haben vielleicht die Eigenschaft, das Licht an ihrer Oberfläche gleichsam pulsirend oder periodenweise selbstthätig zu entwickeln und in diesem Wechsel ihrer inneren An- und Abspannung bald als leuchtende, bald als dunkle Körper zu erscheinen. Wer mag es läugnen, daß ähnliche Veränderungen selbst in dem Inneren unserer Erde, das wir noch gar nicht kennen, vorgehen? Die Erde besitzt, wie unsere Beobachtungen zeigen, eine ihr eigenthümliche, innere Wärme und in der Nähe ihres Mittelpunktes vielleicht eine sehr große Hitze. Auf ihrer Oberfläche geht diese Wärme oft in Flammen und gewaltsame Erschütterungen über, die ihren Grund in jener Centralhitze haben mögen. Könnten wir die Rinde, welche jenen großen Herd bedeckt, aufbrechen und bis zu einer großen Tiefe vordringen, so würden wir vielleicht ganze Strecken von vielen Quadratmeilen finden, die an Licht und Feuer mit der Sonne wetteifern.

Wie es sich aber auch mit jenen uns leider noch ganz unbekannten Gegenständen verhalten mag, dieß geht aus unseren Beobachtungen klar hervor, daß die Fixsterne alle in solchen Entfernungen von uns abstehen, daß selbst die Distanz der Sonne von der Erde, von 20 Millionen Meilen, aus jenen Entfernungen gesehen, nur als ein für unsere Sinne untheilbarer Punkt erscheint, und daß der nächste dieser Fixsterne wenigstens 200000 Erdweiten oder vier Billionen Meilen von uns, oder was hier dasselbe ist, von der Sonne abstehen muß. — Wie weit sich, jenseits dieser nächsten Sterne, nach allen Seiten der Weltraum und jener unabsehbare Wald von Sonnen, erstreckt, wird uns wohl immer unbekannt bleiben. Alles, was uns von diesem unermeßlichen Himmelsbau noch einigermaßen zu kennen erlaubt ist, bezieht sich auf die kleine Colonie, die sich um unsere Sonne angebaut hat, die uns zunächst umgibt, und zu der die Erde, unser Wohnort, selbst gehört. Die Stelle, auf welcher sich diese Colonie niedergelassen hat, ist ein kleiner Kreis von nahe fünfmalhunderttausend Billionen Q. Meilen, in dessen Mitte die Sonne wohnt und an dessen äußerster Gränze, vierhundert Millionen Meilen von der Sonne, sich der Planet Uranus angesiedelt hat. Ein kleiner Kreis, sage ich, denn schon der nächste Nachbar, der nächste der uns umgebenden Fixsterne, steht den Halbmesser dieses Kreises nur unter dem kleinen Winkel von 20 Secunden, oder nicht einmal so groß, als uns der Halbmesser des Planeten Jupiter, wenn er uns am nächsten steht, erscheint. Zwischen dieser äußersten Gränze, die unserer kleinen Sonnenfamilie in dem Weltraume angewiesen ist, und zwischen den nächsten Sternen findet sich nach allen Seiten hin eine unabsehbare Wüste, eine rings um unser Planetensystem laufende, leere Zone, deren Breite 3999600 Millionen Meilen beträgt, die also zehntausendmal breiter, als der Halbmesser des unserer Colonie angewiesenen Kreises ist. Welche Absicht der Urheber der Natur gehabt hat, die einzelnen Länder seines Reiches durch solche Wüsten von einander zu trennen, wird uns wohl immer ein Geheimniß bleiben. Auf unserer Erde wäre dieß ohne Zweifel das einzige Mittel, die schönen Träume St. Pierre's von dem goldenen Zeitalter und dem ewigen Frieden, nach dem man sich schon so lange vergebens sehnt, endlich einmal zu verwirklichen.

§. 72. (Geschichte der Parallaxe.) Sobald Copernicus sein neues Planetensystem, das ganz auf die Bewegung der Erde um die Sonne gegründet war, aufgestellt hatte, mußte die Frage, ob die Fixsterne eine

Digitized by Google

jährliche Parallaxe haben, von der größten Wichtigkeit erscheinen, da di Existenz dieser Parallaxe zugleich als der beste und auffallendste Bewei für jene Bewegung der Erde angesehen wurde. In unseren Tagen, w diese Bewegung bereits durch die in dem vorhergehenden Kapitel ent haltenen Gründe, und noch mehr durch die Betrachtungen, die de Gegenstand des nächstfolgenden Kapitels machen, über alle Zweifel erhobe ist, hat diese Frage in jener Beziehung ihr Interesse verloren, obscho sie, in Rücksicht auf unsere Kenntniß der Ausdehnung des Weltraume überhaupt, immer von der äußersten Wichtigkeit bleiben wird. Es wir daher nicht unangemessen seyn, hier eine kurze Geschichte der Bemühunge der Astronomen zu diesem Zwecke mitzutheilen.

Schon Galilei, das erste Opfer jenes neuen Systems, war au ein Mittel bedacht, die Parallaxe der Fixsterne durch Beobachtungen z bestimmen. Er schlug dazu die Beobachtung des Unterganges eine Sterns der ersten Größe an einem einige Meilen entfernten Thurm zu verschiedenen Zeiten des Jahres vor. Allein der Vorschlag blie unausgeführt und er würde auch kein Resultat geliefert haben, da all Beobachtungen in der Nähe des Horizonts, wie wir später sehen werden großen Unsicherheiten unterworfen sind.

Später beschäftigten sich Tycho Brahe und Riccioli fleißig mit diese Untersuchungen. Aber ihre Quadranten, mit welchen sie die Parallax der Fixsterne bestimmen wollten, waren viel zu unvollkommen, um dadurch eine so kleine Größe bestimmen zu können. Ihre Absicht war, die Lehr des Copernicus durch die Nichtexistenz dieser Parallaxe als irrig darzu stellen, und so wird es kaum als ein Beweis ihres Beobachtungstalentes wie einige Astronomen gemeint haben, angesehen werden können, daß sie auch in der That keine Parallaxe gefunden haben.

Zu Ende des 17ten Jahrhunderts nahm der berühmte englisch Geometer Wallis diesen Gegenstand wieder vor. Er befestigte das Objecti eines Fernrohrs von sehr großer Brennweite an der Spitze eines Thurme und beobachtete dadurch und durch ein in die Wand seines Hauses ein gemauertes Ocular die Differenz der Azimute größerer Sterne zu ver schiedenen Jahreszeiten. Er wollte durch dieses Verfahren vorzüglich die Störungen der Refraction, von der wir später sprechen werden, ver meiden. Allein auch er fand nichts Entscheidendes, obschon er seine Gegenstand, wie er selbst sagte, über 40 Jahre verfolgte. Bald daran wollte Rowley dieselben Beobachtungen an einem der Thürme der Pauls kirche in London wiederholen, aber Newton soll die Ausführung gehinder haben, weil er besorgte, daß das ohnehin nicht zweckmäßige Verfahre durch sein wahrscheinliches Mißlingen die neue Lehre bei den wenige Unterrichteten in Mißcredit bringen könnte.

Newton's Zeitgenosse und Gegner, Hooke, suchte denselben Zwec durch ein festgemauertes Fernrohr von 36 Fuß Focallänge zu erreichen aber die damit angestellten Beobachtungen waren zu unvollkommen, un durch sie eine Beantwortung der Frage zu erwarten. Flamstead beobach tete um das Jahr 1690 an seinem sechsfüßigen Mauerquadranten in Green wich durch längere Zeit den Polarstern und wollte daraus eine nicht unbe trächtliche Parallaxe dieses Sterns gefunden haben. Allein der berühmt Dominico Cassini zeigte, daß die von Flamstead bemerkten Veränderunge des Sterns mit denjenigen nicht übereinstimmen, welche aus einer rich tigen Theorie der Parallaxe folgen, und daß sie daher aus ganz andere Ursachen abgeleitet werden müssen. Der Däne Römer, dem die prak tische Astronomie so viel verdankt, zeigte zuerst, daß die beobachtete Rectascensionen der Sterne zu jenem Zwecke viel geschickter sind, al

Digitized by Google

die von Flamstead angewendeten Zenithdistanzen. Er verfolgte selbst diesen Gegenstand durch achtzehn Jahre. Man muß es bedauern, daß er bei der Redaction dieser Beobachtungen durch den Tod überrascht wurde. Uebrigens fand er die Summe der Parallaxen der beiden Sterne Sirius und Wega zwischen 30 und 45 Secunden, also viel zu groß gegen die Resultate, welche neuere Beobachtungen dieser Sterne gegeben haben. Auch der berühmte Astronom Bradley, Flamstead's Nachfolger in Greenwich, verfolgte diesen Gegenstand durch viele Jahre mit großem Eifer, fand aber dadurch, statt der Parallaxe, die er suchte, zwei andere merkwürdige Bewegungen der Fixsterne, von denen wir später sprechen werden. Die Parallaxe selbst erklärte er, seinen Beobachtungen zu Folge, für unmerklich.

In unseren Zeiten beschäftigten sich vorzüglich Piazzi und Calandrelli mit der Beantwortung dieser Frage. Piazzi in Palermo wählte wieder die Beobachtungen der Zenithdistanzen. Er fand die Parallaxe der Capella und mehrerer anderer Fixsterne der ersten Größe sehr nahe gleich Null, die des Sirius aber wollte er vier Secunden groß gefunden haben. Die Beobachtungen anderer Astronomen stimmen damit nicht überein. Auch ist der letzte Stern zu Untersuchungen dieser Art nicht geeignet, da er für alle Sternwarten Europa's in einer zu geringen Höhe durch den Meridian geht. Endlich scheint es, als ob die Veränderungen, welche er zu verschiedenen Jahreszeiten in der Lage der Sterne gefunden hatte, ihren eigentlichen Grund in den Veränderungen des Gebäudes hatten, in welchem sein Instrument aufgestellt war, indem dieses, wie vielleicht jedes andere Gebäude, durch die theilweise Bescheinung der Sonne und durch die verschiedene Temperatur der Jahreszeiten, periodischen Veränderungen seiner Lage unterworfen ist, deren Folgen er, ohne die Ursache derselben zu kennen, auf den Himmel übertrug.

Calandrelli in Rom beobachtete um das Jahr 1805 zu dieser Absicht besonders den schönen Stern Wega in der Leier, der für seinen Parallelkreis nahe durch das Zenith des Beobachters geht. Er wählte dazu einen Sector von neun Fuß im Halbmesser und seine mit vieler Umsicht angestellten und unter sich gut harmonirenden Beobachtungen gaben die Parallaxe dieses Sterns gleich 4.4 Secunden, woraus die Entfernung desselben von uns gleich 46880 Erdweiten folgen würde.

Allein Bessel in Königsberg, der nach Calandrelli denselben Stern untersuchte, fand aus Bradley's Beobachtungen der Rectascensionen, selbst die Summe der Parallaxen für Wega und Sirius gleich Null, für Atair im Adler und Procyon im kleinen Hund, erhielt er zur Summe der Parallaxen nur die sehr geringe Größe von $\frac{1}{8}$ einer Secunde. Er wählte dazu sehr zweckmäßig solche Sternpaare, die nahe in demselben Parallelkreise liegen und in Rectascension nur von 180 Graden verschieden sind; für solche Sterne liegen die Jahreszeiten, wo ihre Parallaxe der Rectascension am kleinsten und am größten ist, nahe sechs Monate von einander, und diese größten und kleinsten Werthe haben dann Statt, wenn die Sonne in Rectascension dem Stern nahe um sechs Stunden voran geht oder ihm eben so viel folgt.

Der jüngere Herschel schlug endlich zu diesem Zwecke die Beobachtung der Doppelsterne, d. h. solcher Sterne vor, die von der Erde gesehen, sehr nahe an einander zu stehen scheinen. Unter der Voraussetzung, daß diese Nähe in der That nur scheinbar ist und bloß von der Stellung unserer Erde gegen diese Sterne abhängt, während die letzten selbst vielleicht sehr weit hinter einander stehen, würde eine Ortsveränderung der Erde auch die scheinbare Distanz jener Sterne ändern müssen. Jeder

Digitized by Google

dieser beiden Sterne würde nämlich, in Folge der jährlichen Bewe der Erde, eine kleine Ellipse am Himmel zu beschreiben scheinen, di Durchschnitt der Himmelsfläche mit einem schiefen elliptischen Kege der seinen Scheitel in dem Sterne und seine Basis in dem Umkreis Erdbahn hat. Diese Ellipse wird für den entfernteren der beiden S viel kleiner, als für den anderen seyn. Mißt man daher mit e sogenannten Positions-Mikrometer, zu verschiedenen Zeiten des Ja die Distanz der beiden Sterne sowohl, als auch die Lage, welche d verbindende gerade Linie mit der Ebene des Horizonts oder des A tors bildet, und bemerkt man in diesen beiden Größen periodische A rungen, so wird man leicht sehen, ob diese Aenderungen mit der Th der Parallaxe übereinstimmen.

Diese Methode ist ganz unabhängig von all' den Fehlern, d jede Beobachtung der Zenithdistanz oder der Rectascension unterw ist, und sie empfiehlt sich vorzüglich dadurch, daß die Refraction, d große Hinderniß aller genauen Beobachtungen, auf sie keinen wei Einfluß mehr hat. Aber sie setzt voraus, daß die Duplicität dieser S nur scheinbar ist, oder daß beide Sterne in sehr verschiedener Entfer von uns, und nur auf der gemeinschaftlichen Gesichtslinie derselben st und daß sie überdieß keinen anderen Bewegungen unterworfen Allein beide Voraussetzungen scheinen nur sehr selten oder vielleicht Statt zu finden. Wir werden später sehen, daß die meisten dieser pelten und vielfachen Sterne nicht bloß scheinbar, sondern in der sehr nahe bei einander stehen, daß sie gleichsam isolirte Sternsys am Himmel bilden, und daß bei weitem die meisten derselben nicht einer relativen Bewegung um einander, sondern auch einer gemeinsc lichen, fortschreitenden Bewegung im Raume unterworfen sind. Die ohne Zweifel die Ursache, warum diese sinnreiche Methode, von der sich Anfangs einen so glücklichen Erfolg versprach, noch keine Resu geliefert hat, und warum wir überhaupt über die Parallaxe der Fixs noch so ganz im Dunkeln sind.

Kapitel VI.

Aberration der Fixsterne.

§. 73. (Erste hierher gehörende Erscheinungen.) Wir haben be zu Ende des vorhergehenden Kapitels derjenigen Beobachtungen erwä die James Bradley zur Auffindung der Parallaxe der Fixsterne ange hatte. Er begann sie zu Ende des Jahrs 1725 in Verbindung Samuel Molineux, mit welchem er zu Kew, in der Grafschaft S vorzüglich den Stern γ im Kopfe des Drachen, der nahe durch das Z dieser Stadt geht, durch mehre Jahre mit großer Aufmerksamkeit verfo

Digitized by Google

Sein treffliches Instrument, ein Zenithsector von Graham, setzte ihn bald in den Stand, Aenderungen in der Lage dieses Sterns zu bemerken, die zwar nur sehr klein, aber auch zugleich sehr regelmäßig waren, und deren Ursache zu erforschen ihm daher sehr angelegen seyn mußte.

Er fand zuerst, daß die Veränderungen der Länge und der Breite dieses Sterns eine Periode haben, deren Länge gleich der Länge des Jahres ist. Da dieß zugleich die Periode ist, in welcher die jährliche Parallaxe des Fixsterns, wenn sie überhaupt existirt, eingeschlossen seyn muß, so mochte er, auf den ersten Anblick dieses Gegenstandes, wohl geglaubt haben, die so lang gesuchte Parallaxe endlich einmal gefunden zu haben. Allein eine nähere Betrachtung dieser jährlichen Veränderung des Sterns mußte ihn bald von dieser Vermuthung zurückbringen. Er fand, daß die Länge dieses Sterns immer in der Mitte des Junius am größten, und in der Mitte des Dezembers am kleinsten war, und daß sie in der Mitte des März und Septembers ihren mittlern Werth hatte. Die Breite im Gegentheile hatte im März ihren kleinsten, im September ihren größten, und im Junius und Dezember ihre mittleren Werthe.

§. 74. (Diese Erscheinungen sind nicht aus der Parallaxe zu erklären.) Diese Veränderungen paßten aber durchaus nicht in eine parallactische Bewegung des Sterns: sie mußten also eine ganz andere Ursache haben.

Um das Folgende leichter zu übersehen, sey S (Fig. 8) die Sonne, und abcd die jährliche Bahn der Erde. Denken wir uns ein Gestirn im ♈ nahe im 270sten Grad der Länge, wo in der That der oben erwähnte Stern γ Draconis steht. Ist die Erde im Dezember in b, so sieht sie den Stern in derselben Richtung wie die Sonne, nämlich beide bei ♈ und man sagt dann, der Stern sey mit der Sonne in Conjunction. Ist aber die Erde im Junius in d, so sieht sie den Stern, wie zuvor, im ♈, die Sonne aber auf der entgegengesetzten Seite des Himmels im ♎, und man sagt dann, der Stern sey mit der Sonne in Opposition. Für die beiden Punkte a und c endlich, die zwischen den vorbergehenden b und d in der Mitte liegen, sagt man, der Stern sey in der Quadratur mit der Sonne. In der Conjunction ist die Länge der Sonne gleich der Länge des Sterns, und der Stern geht mit der Sonne zugleich durch den Meridian, oder er culminirt um Mittag. In den beiden Quadraturen ist jene Differenz der Längen gleich 90° oder 270° und der Stern culminirt um 6 Uhr Morgens oder um 6 Abends. In der Opposition endlich beträgt jener Längenunterschied 180 Grade, und der Stern culminirt um Mitternacht. Conjunction und Opposition zusammen pflegt man auch mit einem Worte, die Syzygien zu nennen.

Dieß vorausgesetzt, können wir nun jene Veränderungen des Sterns kürzer so ausdrücken: „Die Länge desselben hat in seiner Conjunction „mit der Sonne den kleinsten, in der Opposition den größten, und in „den beiden Quadraturen ihren mittlern Werth; die Breite aber hat in „den Quadraturen ihren größten und kleinsten und in den beiden Syzy„gien ihren mittlern Werth.“ Und ganz demselben Gesetze folgten auch die jährlichen Bewegungen aller andern Sterne, die Bradley nebst γ Draconis an seinem Sector beobachtete. Dabei mußte es ihm auffallen, daß der Unterschied der größten und kleinsten Länge, in dem Orte des Sterns selbst betrachtet, bei allen Sternen von gleicher Größe war, und 40.5 Secunden betrug, während die Veränderungen der Breite immer kleiner wurden, je näher der Stern an der Ekliptik stand, bis endlich für Sterne in der Ekliptik die Breite derselben ganz unveränderlich, oder

Digitized by Google

immer gleich Null blieb. Bradley nannte diese Veränderungen der Sterne die Aberration derselben.

Daß aber diese Bewegungen sich aus einer gewöhnlichen Parallaxe der Erdbahn nicht erklären lassen, war wohl für sich klar. Die Wirkungen einer solchen Parallaxe lassen sich nämlich, nach dem vorhergehenden Kapitel, auf folgende Weise bildlich darstellen. Man denke sich durch den Stern und durch die Erde in allen Punkten ihrer Bahn gerade Linien gezogen, so werden diese geraden Linien die Oberfläche eines Kegels bilden, dessen Basis die Erdbahn und dessen Spitze der Stern ist. Verlängert man dann diese geraden Linien über den Stern hinaus, bis an die Fläche des Himmels, so werden sie diese Fläche in einer krummen, ellipsenförmigen Linie schneiden, welche die parallactischen Orte des Sterns, d. h. alle diejenigen Orte enthalten wird, in welcher während dem Laufe des ganzen Jahrs der Stern, von der Erde gesehen, erscheint, während er, von der Sonne gesehen, immer in dem Mittelpunkte jener Ellipse oder in demjenigen Punkte des Himmels erscheinen wird, wo die, von der im Mittelpunkte der Erdbahn ruhenden Sonne nach der Spitze jenes Kegels gezogene gerade Linie verlängert, den Himmel treffen wird. Aus dieser einfachen Construction folgt sofort, daß wir den Stern, in Beziehung auf seinen mittlern Punkt, d. h. in Beziehung auf den Mittelpunkt seiner Ellipse, immer auf der entgegengesetzten Seite des Himmels von derjenigen sehen werden, welche unsere Erde selbst in ihrer Bahn einnimmt. Wir werden ihn also z. B. am meisten östlich sehen, wenn wir in dem westlichen Punkte a unserer Bahn sind, am meisten westlich aus dem östlichen Punkte der Bahn, und wenn er über der Ekliptik steht, so wird man ihn am meisten über derselben, oder in seiner größten Breite sehen, wenn die Erde am tiefsten unter ihm, oder wenn sie ihm in der Opposition am nächsten steht, und wieder am nächsten bei der Ekliptik oder in seiner kleinsten Breite, wenn die Erde in der Conjunction den größten Abstand von dem Stern hat u. s. w. Kurz: „Die Länge jedes Sterns hat wegen seiner parallactischen Be„wegung in den Syzygien ihren mittlern, und in den Quadraturen „ihren größten und kleinsten Werth, während die Breite in den Quadra„turen ihren mittlern, in der Conjunction den kleinsten, und in der „Opposition den größten Werth hat," welches Gesetz demnach in allen seinen Theilen das Gegentheil von dem oben aufgestellten Gesetze der Aberration ist, dem die von Bradley entdeckten Veränderungen unterworfen sind. Zwar lassen sich auch diese letzten Veränderungen durch eine Ellipse darstellen, welche der Stern um seinen mittlern Ort, oder um den Mittelpunkt dieser Ellipse, jährlich zurücklegt, aber diese beiden Ellipsen sind eben so wesentlich von einander verschieden, als die Bewegungen selbst, welche die Sterne in diesen beiden Bahnen befolgen.

§. 75. (Differenz zwischen den Wirkungen der Parallaxe und der Aberration.) In der parallactischen Ellipse $\alpha\beta\gamma\delta$ (Fig. 8) nämlich ist der Stern immer in demjenigen Punkte seiner Peripherie, der dem gleichzeitigen Punkte der Erde in ihrer Bahn gerade entgegen gesetzt ist, oder der Stern ist bei seiner kleinsten Länge in α, wenn die Erde in a und bei seiner größten Länge in γ, wenn die Erde in c ist. In beiden Fällen steht aber der Stern mit der Sonne in den Quadraturen. Die mittleren Längen aber haben Statt, wenn der Stern in β und δ und die Erde in b und d in den Syzygien ist. Eben so ist für die größte Breite der Stern in δ und die Erde in d zur Zeit der Opposition; für die kleinste Breite der Stern in β und die Erde in b zur Zeit der Conjunction, und endlich für die mittlere Breite der Stern in α oder γ, während die

Digitized by Google

Erde in a oder c zur Zeit der Quadraturen ist. Was endlich diese Ellipse selbst betrifft, so ist sie für jeden Stern eine andere, und überhaupt desto kleiner, je größer die Entfernung desselben von der Erde ist, bis sie endlich für alle die Sterne, deren jährliche Parallaxe Null ist, in einen einzigen Punkt übergeht, oder gänzlich verschwindet.

Im Gegentheile ist die zweite Ellipse, welche die von Bradley beobachtete Aberration der Sterne enthält, in derselben Figur auf eine ähnliche Weise durch a'b'c'd' dargestellt, wo wieder der Stern in a' und die Erde zu derselben Zeit in a, oder der Stern in b' und die Erde in b ist u. s. w. Hier hat, wie schon der bloße Anblick der Zeichnung zeigt, der Stern seine kleinste Länge in b', wenn die Erde zur Zeit der Conjunction in b ist, und die größte Länge in d', wenn die Erde zur Zeit der Opposition in d ist, während die mittleren Längen in a' und c' in die Zeiten der Quadraturen fallen. Die Breite aber hat ihre größten und kleinsten Werthe in den Punkten a' und c' zur Zeit der Quadraturen und ihre mittleren Werthe in b' und d' zur Zeit der Syzygien, vollkommen mit dem oben aufgestellten Gesetze übereinstimmend. Was endlich diese Ellipse selbst betrifft, so ist der große Durchmesser derselben bei allen Sternen parallel mit der Ekliptik, und für alle Sterne von gleicher Größe, nämlich gleich 40.5 Secunden. Der kleine Durchmesser aber, der senkrecht auf der Ekliptik, oder in dem Breitenkreise des Sterns liegt (Einl. §. 22. II.), wird immer kleiner, je näher die Sterne an der Ekliptik liegen, bis er endlich für Sterne in der Ekliptik gänzlich verschwindet, und hier die ganze Ellipse in eine gerade, der Ekliptik parallele Linie von 40.5 Länge übergeht.

§. 76. (Entstehung der Aberrations-Ellipse.) Um auch die genetische Erklärung dieser zweiten Ellipse a'b'c'd' zu geben, so wollen wir die Bahn der Erde durch den auf die Gesichtslinie SZ des Sterns senkrechten Durchmesser ac in zwei Hälften theilen, wo wir sodann Folgendes bemerken: Ist die Erde in der von dem Stern abgewendeten Hälfte abc ihrer Bahn, so ist der Stern in dem Bogen a'b'c', in welchem durchaus seine scheinbare Länge kleiner ist als die wahre oder mittlere Länge. Ist aber die Erde in der dem Stern zugekehrten Hälfte cda ihrer Bahn, so ist der Stern in dem Bogen c'd'a', wo die scheinbare Länge desselben überall größer ist, als die mittlere. Da wir also die Länge des Sterns aus der ihm zugekehrten Hälfte der Erdbahn immer größer, und aus der abgewendeten Hälfte immer kleiner sehen, so folgt daraus, daß die scheinbare Gesichtslinie, in welcher wir den Stern im Laufe des ganzen Jahres durch sehen, gegen die wahre oder mittlere Gesichtslinie, in welcher man ihn aus der ruhenden Sonne sehen würde, etwas geneigt, und zwar nach derselben Seite hin geneigt ist, nach welcher die Erde in ihrer jährlichen Bewegung hingeht.

Sey also ABCD (Fig. 14) die Erdbahn, in deren Mittelpunkte die Sonne S ruht. Wenn man von der Sonne aus einen Fixstern in *II* in der Richtung S*II* sieht, so wird man denselben Stern auch von allen Punkten D,A,B,C der Erdbahn aus in *demselben* Punkte des Himmels sehen, wenn die Entfernung desselben in der That so groß ist, daß dagegen der Halbmesser der Erdbahn, oder daß die jährliche Parallaxe des Sterns als ganz unmerklich verschwindet. Zieht man daher durch diese Punkte D,A,B,C der Erdbahn gerade Linien DP, AP', BP'' und CP''', die alle mit der durch die Sonne gehenden Linie S*II* *parallel* sind, so werden diese Linien DP, AP', die mittlern oder wahren Gesichtslinien des Sterns *II* seyn. Wenn sich nun die Erde in der Richtung DAB oder von West gen Ost bewegt, so wird die schein-

Digitized by Google

bare Gesichtslinie des Sterns für jeden Punkt der Erdbahn, dem Vorhergehenden gemäß, in Beziehung auf die wahre Gesichtslinie, gegen die Seite, wohin sich die Erde bewegt, geneigt seyn, oder diese scheinbare Gesichtslinie wird durch die punktirten Linien Dp, Ap,' Bp," Cp"' vorgestellt werden. Den Beobachtungen gemäß, wird der Winkel PDp, P'Ap' . . der beiden Gesichtslinien für alle Punkte der Erdbahn immer gleich groß seyn, und 20.25 Secunden betragen, und die scheinbare Gesichtslinie wird für jeden Punkt der Erde immer in der Ebene liegen, welche durch die wahre Gesichtslinie und durch die Tangente der Erdbahn in diesem Punkte geht. Stellen also die kleinen Linien Dd, Aa, Bb, und Cc diese Tangenten der Erdbahn in den Punkten D, A, B und C vor, so liegen für jeden dieser Punkte, die drei von ihnen ausgehenden Linien, wie DP, Dp und Dd, in einer und derselben Ebene, und der Winkel PDp der beiden ersten Linien ist immer von derselben Größe, und gleich 20.25 Secunden, daher er auch der Aberrations-Winkel genannt wird.

Allein diese Ebene, in welcher der wahre und der scheinbare Ort des Sterns liegt, hat eine veränderliche Lage, weil sie immer durch die Tangente der Erdbahn geht, die sich selbst dreht, indem sie nach und nach die Lagen Dd, Aa, Bb u. s. f. annimmt. Durch diese Drehung jener Ebene geschieht es, daß der scheinbare Ort des Sterns, der immer nach der Seite zu liegt, wohin die Erde geht, bald links oder rechts, bald über oder unter dem wahren Orte des Sterns zu liegen kömmt, wie die Zeichnung zeigt, und daß also auch die Ebene des parallactischen Winkels bald parallel, bald senkrecht, und bald wieder in verschiedenen schiefen Lagen gegen die Ebene der Ekliptik steht, wodurch denn auch die Länge sowohl, als die Breite des Sterns auf sehr mannigfaltige Weise verändert werden, wenn gleich die absolute Größe des parallactischen Winkels immer dieselbe bleibt.

So steht z. B. diese Ebene zur Zeit der beiden Quadraturen, wo die Erde in A und C ist, senkrecht auf der Ekliptik, der Aberrationswinkel liegt in dem Breitenkreise, daher auch die Breite des Sterns am meisten, die Länge desselben aber gar nicht geändert wird. In den Quadraturen hat daher die Breite des Sterns in A ihren größten, in C ihren kleinsten Werth, während die Länge des Sterns gleich der aus der Sonne S gesehenen Länge ist, oder ihren mittlern Werth hat. Zur Zeit der Syzygien aber, wo die Erde in B und D ist, liegt jene Ebene gegen die Ekliptik so, daß der Aberrationswinkel seine ganze Wirkung auf die Länge des Sterns, und gar keine auf die Breite desselben äußert, daher auch in der Conjunction in B die Länge ihrer kleinsten, und in der Opposition in D ihren größten Werth hat, weil dort der Stern in der Gesichtslinie Bp" und hier in der Richtung Dp erscheint. Da hier diese beiden scheinbaren Gesichtslinien mit ihren mittlern BP" und DP dieselbe Neigung gegen die Ekliptik haben, so wird dadurch die Breite des Sterns gar nicht geändert, oder in den Syzygien hat die Breite des Sterns ihren mittlern Werth, was alles mit den in §. 74 aufgestellten Gesetzen der Aberration genau übereinstimmt. Erinnert man sich endlich noch, daß vermöge der verschwindenden jährlichen Parallaxe der Fixsterne der Halbmesser der Erdbahn gegen die Entfernung der Sterne als unendlich klein angenommen werden kann, so wird man auch annehmen können, daß der Umkreis ABCD der Erdbahn bloß durch seinen Mittelpunkt S, und daß alle wahre Gesichtsstrahlen DP, AP', BP" . . bloß durch den mittlern, durch die Sonne S gehenden Gesichtsstrahl SII vorgestellt werden. Zeichnet man dann um diesen mittlern Gesichtsstrahl SII

Digitized by Google

alle scheinbare Dp, Ap', Bp''.. so, daß jeder von ihnen parallel mit seiner frühern Lage, durch denselben Punkt S geht, so wird man dadurch die Oberfläche eines Kegels erhalten, dessen Spitze in S und dessen Basis ein mit der Ekliptik paralleler Kreis ist, dessen Mittelpunkt der wahre, aus der ruhenden Sonne gesehene Stern und dessen Halbmesser, aus der Sonne betrachtet, unter dem Winkel von 20.25 Secunden erscheint. Dieser Kreis ist es, der, wenn er auf der Fläche des Himmels projicirt wird, daselbst die oben erwähnte Aberrationsellipse gibt.

§. 77. (Messung der Geschwindigkeit des Lichts.) Wir haben bisher die Erscheinungen der Aberration druch die Annahme darzustellen gesucht, daß die scheinbare Gesichtslinie des Sterns gegen die wahre auf der Seite, nach welcher sich die Erde hin bewegt, um einen constanten Winkel geneigt ist, und haben aus dieser Annahme den Schluß gezogen, daß der scheinbare Ort des Sterns um den mittleren während der Zeit eines Jahres eine Ellipse beschreiben werde, deren große Axe bei allen Sternen mit der Ekliptik parallel, und gleich 40''.5 ist, während die kleine Axe mit der Breite des Sterns abnimmt, und für Sterne in der Ekliptik gänzlich verschwindet.

Diese Hypothese stellt allerdings, wie wir gesehen haben, die Beobachtungen Bradley's vollkommen dar, und wir können uns sonach damit begnügen. — Allein, welches ist die Ursache, die diesen scheinbaren Ort des Sterns immer nach der Gegend des Himmels treibt, auf welche die Erde selbst in ihrer jährlichen Bahn in jedem Augenblicke zugeht? Sollte diese kleine Erde auf jene unendlich weit von ihr entfernten Fixsterne in der That einen so sonderbaren Einfluß äußern?

Da die beobachteten Aenderungen der Aberration allen Sternen, ohne Ausnahme, zukommen; da jene Abweichung der scheinbaren Gesichtslinie derselben sich offenbar nach dem Laufe der Erde richtet, da die Aenderungen der Breite der Sterne, wie wir gesehen haben, mit der Nähe derselben bei der Ekliptik im unmittelbaren Zusammenhange steht, und da endlich die Periode aller dieser Aenderungen, der Länge sowohl als der Breite, genau dieselbe Dauer, wie die Umlaufzeit der Erde um die Sonne hat, so ist wohl nicht weiter zu zweifeln, daß diese Bewegungen der Sterne nur scheinbar sind, und daß sie bloß durch die Bewegung der Erde, gleichsam wie durch eine optische Täuschung, hervorgebracht werden, und daß sie daher als ein Beweis für die Existenz dieser jährlichen Bewegung der Erde angesehen werden könnten, indem, wenn unsere Erde, also auch unser Auge, still stünde, gar nicht abzusehen wäre, wie dann eine solche Verrückung aller Sterne möglich seyn könnte.

Um aber die wahre Ursache der Aberration aus der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne abzuleiten, müssen wir zuerst eine andere Betrachtung vorausschicken.

Unter den Planeten, die, gleich unserer Erde, um die Sonne laufen, ist der schon oben erwähnte Jupiter, wegen seiner Größe, wegen seiner mäßigen Entfernung von der Erde, und vorzüglich wegen der vier Monde, die ihn umgeben, sehr wichtig, und die Entdeckung dieser Monde durch Galilei, gleich nach der Erfindung des Fernrohrs, bildet eine der interessantesten Epochen in der Geschichte der Astronomie. Indem diese vier Satelliten um den Jupiter ihren Umlauf machen, treten sie fast in jeder Nacht in den Schatten, welchen der große Körper dieses Planeten hinter sich wirft, wo dann die Beobachter Jupiters das für sie so oft wiederkehrende Schauspiel einer Mondesfinsterniß haben, an welcher auch wir, durch Hilfe unserer Fernröhre, Theil nehmen können.

Diese Finsternisse gaben uns, wie ebenfalls schon Galilei bemerkte,

Digitized by Google

die erste Auflösung des für die Nautik und für die gesammte mathematische Geographie so wichtigen Problems, die Länge des Beobachtungsortes auf der Erde oder auf der hohen See zu finden. Die Beobachtungen der Bewegungen dieser vier Monde um ihren Hauptplaneten können aber mit Recht als eine schöne Bestätigung des neuen, von Copernicus aufgestellten Weltsystems angesehen werden. Denn jener Planet mit seinen Satelliten bildet gleichsam ein isolirtes System am Himmel, in welchem wir, wie in einem getreuen Abbilde, diejenigen Veränderungen, die sich unter den übrigen Planeten erst in dem Zeitraume von vielen Jahrhunderten entwickeln, rasch auf einander folgen sehen; in welchen wir das bereits erwähnte Gesetz Keplers, wodurch die Distanzen der Planeten nach ihren Umlaufzeiten geregelt werden, und selbst die gegenseitigen Perturbationen oder die Wirkungen dieser Körper unter einander, wie in einem Spiegel abgebildet erblicken, und in welchen endlich die Natur, um das Maß des Interesses, das sie in diese kleine Welt von Monden legte, voll zu machen, uns ein Mittel dargeboten hat, die Geschwindigkeit ihres schnellsten Körpers, des Lichts, zu messen.

Um die erwähnten Verfinsterungen dieser Monde zu geographischen Längenbestimmungen zu benützen, bestimmte man, aus lange fortgesetzten Beobachtungen, den Umlauf der Satelliten um Jupiter, und suchte daraus die Zeiten ihrer Finsternisse zu berechnen. Der dänische Astronom, Olauf Roemer, war der erste, der um das Jahr 1675, also 50 Jahre vor Bradley's Entdeckung der Aberration, die Bemerkung machte, daß diese Rechnungen zwar zu der Zeit, wo Jupiter mit der Sonne in dem Quadranten steht, sehr gut, aber dafür desto weniger in den Syzygien mit den Beobachtungen übereinstimmten; daß diese Finsternisse nämlich zur Zeit der Opposition um nahe 8 Minuten und 13 Secunden früher, und in der Conjunction eben so viel später, als die Berechnung gab, beobachtet wurden. Ist z. B. Jupiter in ♃ (Fig. 8), und die Sonne in S, so ist die Erde zur Zeit der Opposition in b und zur Zeit der Conjunction in d, also in der letzten Zeit um die ganze Strecke bSd, das heißt, um den Durchmesser der Erdbahn, weiter, als in der ersten Zeit, von Jupiter entfernt. Diese einfache Bemerkung der verschiedenen Entfernungen Jupiters von der Erde zur Zeit der Syzygien reichte für den Scharfsinn Römer's hin, sogleich die wahre Erklärung jener Beschleunigung und Verzögerung der Finsternisse zu finden, eine Erklärung, die so natürlich ist, daß man nicht weiter an ihrer Wahrheit zweifeln kann.

In der Conjunction sind wir von Jupiter um den ganzen Durchmesser der Erdbahn weiter entfernt, als in der Opposition. Warum sehen wir also dort alle Finsternisse um 16 Min. 26 Sec. später, als hier? — Offenbar, weil das Licht, weil der Bote, der uns diese Nachricht bringt, dort einen viel größeren Weg als hier zu durchlaufen hat, um bis zur Erde zu gelangen.

Das Licht, dessen Geschwindigkeit man früher für unendlich groß gehalten hat, braucht also auch eine gewisse Zeit, um einen bestimmten Raum zu durchlaufen. Und welche Zeit? — Es legt den Durchmesser der Erdbahn, d. h. es legt den Weg von 41316000 Meilen in 16 Minuten und 26 Sec. zurück. Die Geschwindigkeit des Lichts in einer Secunde beträgt daher nahe 41900 Meilen.

§. 78. (Nähere Betrachtung der Geschwindigkeit des Lichts.) Bleiben wir einen Augenblick bei dieser Geschwindigkeit stehen, um sie mit der von andern uns bekannten Körpern zu vergleichen. Das in §. 68 erwähnte, schnell segelnde Schiff, das täglich hundert Meilen zurücklegt,

Digitized by Google

würde den Durchmesser der Erdbahn erst in 1178 Jahren durchschiffen, und der eben daselbst angeführte Renner, der in jeder Secunde 50 Par. Fuß durchläuft, würde zu jenem Wege 594 Jahre brauchen. Eine Kanonenkugel, die in jeder Secunde 600 Par. Fuß fliegt, brauchte 50 Jahre; der Schall, der jede Secunde 1038 Par. Fuß zurücklegt, braucht 9 Jahre, und das Licht endlich, das in jeder Secunde durch 41900 Meilen fliegt, braucht zu demselben Wege von mehr als 41 Millionen Meilen noch nicht einmal 16½ Minuten, oder nur etwas weniges mehr als eine Viertelstunde. — Die sogenannte Reise um die Welt oder den Umkreis der Erde von 5400 Meilen würde ein Wanderer, wenn er auch täglich 10 Meilen machte, erst in 540 Tagen oder nahe in 1½ Jahren zurücklegen; jenes Schiff braucht dazu 55 Tage, jene Kanonenkugel 2½ Tage, der Schall nur 1⁴/₁₀ Tage, und das Licht bloß den achten Theil einer Secunde. Also in einer einzigen Secunde, in der Zeit, die wir brauchen, mit unsern Augenliedern zu winken, in der Zeit eines einzigen Flügelschlags des mächtigsten Adlers, schwingt sich das Licht, gleich einer ungeheuern Schlange, in großen Kreisen, achtmal um die ganze Erde. Und doch würde dasselbe Licht, mit dieser uns unbegreiflichen Geschwindigkeit, um nur von dem nächsten Fixstern in gerader Linie oder auf dem kürzesten Wege bis zu uns zu gelangen, wie wir §. 70 gesehen haben, über drei volle Jahre brauchen!

§. 79. (Andere wichtige Eigenschaften des Lichts.) Und diese erstaunenswürdigen Resultate sind eine Folge von einfachen Rechnungen, die so leicht sind, daß sie ohne Zweifel jeder Leser mit uns gemacht hat. Wer von uns aber würde, wenn er sie nicht machen könnte, von dem Interesse, welches dieser Gegenstand einflößt, angezogen, diese einfachen Rechnungen, und durch sie den einzigen Weg nicht kennen lernen wollen, auf welchem man zur Kenntniß solch interessanter Resultate, und zur Ueberzeugung gelangen kann, daß sie der Wahrheit vollkommen gemäß, und über allen Zweifel erhaben sind. — Möchte dieß doch den Lesern dieser Blätter eine Veranlassung seyn, auch die andern, minder einfachen Theile der mathematischen Analysis etwas näher kennen zu lernen. Wir werden später noch oft andere nicht minder überraschende, nicht minder wunderbare Resultate unserer Wissenschaft mitzutheilen Gelegenheit haben, aber nur selten wird es uns vergönnt seyn, von ihnen, so wie hier, auch ihre Beweise mitzutheilen, weil diese Beweise meistens schon höhere mathematische Kenntnisse erfordern, die wir, dem Zwecke dieser Schrift gemäß, bei den Lesern nicht voraussetzen. Alsdann werden wir, des besten Willens ungeachtet, gezwungen seyn, die schönsten Blüthen und Früchte der Wissenschaft, ohne ihre Gründe, nur historisch mitzutheilen, und die Leser, sie auf Treu und Glauben anzunehmen. So weiß man z. B., um nur bei dem Lichte, das jetzt den Gegenstand unserer Betrachtung bildet, einen Augenblick stehen zu bleiben, man weiß mit derselben Ueberzeugung, mit welcher wir so eben die Geschwindigkeit desselben kennen gelernt haben, daß es, wenn es die Oberfläche eines Körpers trifft, jeden einzelnen Punkt oder jedes Atom des Körpers in Schwingungen versetzt, die mit einer außerordentlichen Geschwindigkeit, und in regelmäßig wiederkehrenden Perioden, vor sich gehen. Die Schnelligkeit dieser Schwingungen ist so groß, daß mehre hundert Billionen derselben noch nicht eine Secunde Zeit erfüllen. Diese Schwingungen, welche den Elementen der Körper sowohl, als auch unseren Sehnerven durch das Licht mitgetheilt werden, sind die eigentliche Ursache, daß wir diese Körper mit unseren Augen fühlen, d. h. daß wir sie sehen, und eben so sind die Unterschiede in der Wiederkehr ihrer Perioden

Digitized by Google

die Ursache von den verschiedenen Farben, unter welchen uns die K
per der Natur erscheinen. Um z. B. einen Gegenstand in der rot
Farbe zu sehen, werden die Elemente unserer Augennerven, gleich
Vibrationen einer tönenden Saite, 480 Billionenmal, durch die g
Farbe 540 Billionenmal, und durch die violette Farbe 700 Billionen
während einer Secunde auf und nieder geschwungen. Diese Erschein
gen des Lichts sind so groß, als jene, aber die Beweise dafür la
sich nicht mehr so einfach darstellen, wie dort.

Die Kraft, mit welcher die Erde alle Körper auf ihrer Oberflä
an sich hält, ist ohne Zweifel viel größer, als alle uns bekannten Krä
die wir durch unsere Maschinen, durch die Presse, durch das Schwu
rad, durch das Schießpulver oder durch die Spannkraft unserer Däm
hervorbringen können. Dieselbe Kraft ist es, die selbst den über 50
Meilen entfernten Mond noch an die Erde kettet, und ihn zwingt,
sie seine vorgezeichnete Bahn zu beschreiben. Dessenungeachtet ist a
diese Schwerkraft, diese Anziehung, wie sie jedem Elemente der Erde
wohnt, nur ein unendlich kleiner Theil jener in der That bewunderun
würdigen Kraft, mit welcher das Licht von jedem Atom der Körper
gezogen wird. Es ist bekannt, daß der in einer geraden Linie an d
Körper kommende Lichtstrahl von den Elementen des Körpers erst da
angezogen, oder, bei spiegelnden Flächen abgestoßen wird, wenn d
Licht diesen Elementen schon gleichsam unendlich nahe ist. Ueberd
kann die eigentliche Wirkung dieser Kraft, wegen der ungemeinen G
schwindigkeit des Lichts, nur eine unendlich kleine Zeit durch währ
und doch bewirkt diese Anziehung des Elements in dem geradlinig
Lichtstrahl eine gleichsam urplötzliche Beugung von dreißig und me
Graden. Die mathematische Analyse zeigt, daß die Schwerkraft ein
kugelförmigen Elements der Erde, dessen Durchmesser den tausends
Theil eines Zolls beträgt, nur den zweimalhundert tausend millionst
Theil der Schwerkraft der ganzen Erde ausmacht, und daß im Gegenthe
die Kraft, mit welcher ein eben so großes körperliches Element, das
dem Lichtstrahle eine Beugung von dreißig Graden erzeugt, das Li
anzieht, jene Schwerkraft des Elements mehr als tausend septillionenm
übertrifft, so daß also, wenn die allgemeine Schwerkraft desselben
Einheit ist, die Attractionskraft des Atoms gegen das Licht durch ei
Zahl ausgedrückt wird, die wenigstens aus 45 Ziffern besteht. — W
sollte wohl so gefühllos, oder so gleichgültig seyn, um nicht gern zu
fahren, auf welche Weise und durch welche Mittel man zu Kenntniß
dieser Art, zu Dingen gekommen ist, die den mit der Mathematik U
bekannten mehr wie Visionen eines Wahnwitzigen, als wie Resulte
einer strengen und geregelten Untersuchung erscheinen müssen!

Doch kehren wir von diesen Beobachtungen wieder zu unserem G
genstande, zu der Geschwindigkeit des Lichts, zurück, und sehen wir, a
welche Weise dieselbe mit den oben erläuterten Erscheinungen der Ab
ration in Verbindung stehen mag.

§. 80. (Zerlegung der Kräfte.) Wenn ein Körper mit einer bestim
ten Kraft, die z. B. dem Druck von 30 Pfunden gleich ist, nach ein
bestimmten Richtung, z. B. von Süd nach Nord, getrieben wird, u
wenn noch eine andere Kraft, etwa von 10 Pfunden, hinzukömmt, der
Richtung dieselbe mit der vorhergehenden ist, so ist es offenbar gle
viel, ob diese beiden Kräfte von 30 und von 10 Pfunden, jede für si
oder beide zugleich auf den Körper wirken, oder ob derselbe nur von
ner einzigen Kraft von 40 Pfunden getrieben wird, die gleich der Sum
jener beiden Kräfte und deren Richtung dieselbe mit der jener beid

Digitized by Google

Kräfte ist. Wenn aber die erste Kraft von 30 Pfunden den Körper nach Nord, und die andere von 10 Pfunden ihn in der entgegengesetzten Richtung nach Süd treibt, so wird diesen beiden Kräften eine andere gleichgeltend seyn, die den Körper mit der Gewalt von 20 Pfunden nach Nord treibt, deren Größe also die Differenz und deren Richtung mit jener der größern der beiden ersten Kräfte dieselbe ist. — Dieß ist für sich klar, und bedarf keiner weiteren Erläuterung. Nach dem Begriffe, den man in der Mechanik mit dem Worte Kraft verbindet, wird die doppelte Kraft eine doppelte, die dreifache Kraft eine dreifache Bewegung oder Geschwindigkeit des Körpers hervorbringen, diese vielfache Kraft mag entweder auf einmal, oder auch theilweise, oder nach und nach an dem Körper angebracht werden; und wenn dieser Körper schon vor der Wirkung dieser Kräfte nach einer gewissen Richtung in Bewegung war, so wird die durch die hinzukommende Kraft entstandene Bewegung zu jener ersten addirt, wenn sie dieselbe Richtung, oder von ihr subtrahirt, wenn sie eine entgegengesetzte Richtung hat.

Wenn aber die Richtungen der beiden auf einen Körper wirkenden Kräfte weder dieselben, noch auch einander entgegengesetzt sind? Wenn z. B. die erste Kraft von 30 Pf., nach der Richtung PA (Fig. 15) wirkend, allein den Körper in einer Secunde durch den Weg Pa, und die zweite Kraft von 10 Pf. nach der Richtung PB ebenfalls allein wirkend, den Körper in derselben Zeit durch den Weg Pb treiben würde, wo wird, am Ende dieser Secunde, der Körper P seyn? — Um diese Frage zu beantworten, ziehe man durch den ersten Punkt a eine mit dem zweiten Weg BP, und eben so durch den zweiten Punkt b eine mit dem ersten Weg PA parallele Linie, und nenne c den Durchschnittspunkt dieser beiden Parallelen, so wird der Körper am Ende der ersten Secunde in diesem Durchschnittspunkte c seyn. Man nennt aber jedes Viereck, dessen *zwei* gegenüberstehende Seiten parallel sind, ein Parallelogramm, und in demselben die gerade Linie Pc, welche zwei gegenüberstehende Winkelspitzen verbindet, die Diagonale des Parallelogramms. — Wenn also zwei Kräfte von gegebener Größe Pa und Pb unter einem gegebenen Winkel APB auf einen Körper P wirken, so wird die Wirkung dieser beiden Kräfte zusammen gleichgeltend seyn einer einzigen Kraft Pc, welche, ihrer Größe sowohl als ihrer Richtung nach, durch die Diagonale des Parallelogramms dargestellt wird, dessen Seiten Pa und Pb die Größe und Richtung der beiden gegebenen Seitenkräfte ausdrücken. Denn da die erste jener zwei gegebenen Kräfte den Körper nach der Richtung der Linie PA, die der bc parallel ist, treibt, so wird diese Kraft die von der zweiten Kraft herrührende Geschwindigkeit des Körpers, mit welcher er sich der Linie bc nähert, nicht ändern, oder der Körper wird sich dieser Linie bc immer auf dieselbe Weise nähern, die erste Kraft nach PA mag auf ihn wirken oder nicht, und er wird daher, am Ende jener Secunde, irgendwo in dieser Linie bc seyn. Ganz eben so wird man aber auch zeigen, daß er, bloß durch die Wirkung der ersten Kraft, am Ende derselben Secunde, irgendwo in der Linie ac seyn, daß er also, am Ende dieser Zeit, zugleich in der Linie bc und in der Linie ac, d. h. daß er in dem Durchschnittspunkte c dieser beiden Linien seyn müsse.

Man wird also je zweien ihrer Größe und Richtung nach gegebenen Seitenkräften Pa und Pb eine einzige ihnen gleichgeltende mittlere Kraft Pc substituiren können, und da die Wirkungen der Kräfte durch die Wege, welche sie die Körper beschreiben machen, oder durch die Geschwindigkeiten dieser Körper, gemessen werden, so wird man auch die Wege und die Geschwindigkeiten der Körper eben so zerlegen und zusammen-

Digitized by Google

setzen können, wie wir dieß eben bei den Kräften selbst gethan haben. Ein Körper also, der in derselben Zeit zugleich durch den Weg Pa und durch den Weg Pb gehen soll, wird durch den Weg Pc gehen; oder ein Körper, dessen Geschwindigkeit nach der Richtung PA gleich Pa, und nach der Richtung PB gleich Pb ist, wird eigentlich die Geschwindigkeit Pc nach der Richtung PC haben.

Dasselbe Parallelogramm, durch dessen Hilfe wir zwei Kräfte oder zwei Geschwindigkeiten auf eine einzige, jenen beiden gleichgeltende, gebracht haben, wird uns auch dienen, jede einzelne gegebene Kraft oder Geschwindigkeit Pc auf zwei andere Pa und Pb zu bringen, die, beide zusammengenommen, jener gegebenen einzelnen Kraft gleichgeltend sind. Wir werden zu diesem Zwecke die gegebene Größe Pc als die Diagonale eines Parallelogramms ansehen, oder auf ihr, als Grundlinie, ein willkürliches Dreieck Pca errichten, und auf der andern Seite von Pc die Linie Pb mit ca und cb mit Pa parallel ziehen, wo dann die Linie Pa und Pb die beiden gesuchten Seitenkräfte vorstellen werden. Am einfachsten wird es seyn, wenn man von all' den Dreiecken Pca, die man über der Basis Pc errichten kann, ein bei a rechtwinkliges Dreieck wählt, wo dann die beiden Seitenkräfte Pa und Pb selbst auf einander senkrecht stehen werden. Nennt man für diesen Fall r die mittlere, nach der Diagonale Pc des Rechtecks Pabc gerichtete Kraft, und bezeichnet beide Seitenkräfte Pa durch x, und Pb durch y, so wie den Winkel aPc durch a, so hat man die drei einfachen Ausdrücke

$$r^2 = x^2 + y^2, \quad x = r\,\mathrm{Cos}\,a \text{ und } y = r\,\mathrm{Sin}\,a$$

woraus man, wenn die Seitenkräfte x, y gegeben sind, die mittlere Kraft r und ihren Winkel a mit x, oder auch, wenn die mittlere Kraft r mit ihrem Winkel a gegeben ist, die beiden unter sich senkrechten Seitenkräfte leicht und ohne alle Mühe bestimmen wird.

Diese einfache Lehre von der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte ist durch das ganze Gebiet der Mechanik von der größten Wichtigkeit, so daß nur wenige Probleme dieser Wissenschaft gefunden werden, in welchen man sie nicht mit Nutzen anwenden könnte. Wir wollen nur einige Beispiele aus dem gemeinen Leben kurz anführen.

Wenn bei ganz ruhigem Wetter die Regentropfen senkrecht zur Erde fallen, so treffen sie den senkrecht stehenden Wanderer in seinem Scheitel. Aber so wie er, in irgend einer Richtung dem Regen zu entlaufen sucht, scheinen dieselben Tropfen alle die Richtung gegen sein Gesicht zu nehmen, und er hat dieselbe Empfindung, als stünde er noch still, während ein in der entgegengesetzten Richtung seines Laufes wehender Wind ihm den Regen ins Gesicht führte.

Wir fühlen im Gehen den uns gerade entgegen blasenden Wind stärker, weil es uns scheint, daß er, außer seiner eigenen Geschwindigkeit, auch noch diejenige habe, mit welcher wir selbst ihm entgegenlaufen. Wenn der Wind von Westen weht, und wir gehen gen Süden, so haben wir dieselbe Empfindung, als wenn der Wind, außer seiner wahren Bewegung von Westen, auch noch eine andere von Süden hätte, d. h. als wenn er von Südwest käme; und diese neue Richtung des Windes wird uns desto näher aus Süden zu kommen scheinen, je schneller wir selbst gegen Süden laufen.

Sey M (Fig. 16) der Vordertheil, und N der Hintertheil eines Schiffes, dessen Segel in der Richtung AB aufgestellt ist, während der Wind in der sehr schiefen Lage EC weht, die das Schiff mehr rück- als vorwärts zu treiben scheint. Drückt die Länge der Linie EC die Kraft oder die Größe des Windes aus, so sey ACDE ein Rechteck, von welchem EC

Digitized by Google

die Diagonale ist. Man wird also statt dieser Kraft EC des Windes zwei andere Kräfte oder zwei andere Winde substituiren können, von welchen der eine CA nach der Richtung des Segels wehen, und daher weder auf das Segel, noch auf das Schiff weiter wirken wird, während der andere CD die Fläche des Segels senkrecht trifft, und seine ganze Kraft gegen dasselbe ausübt. Wir wollen daher nur mehr die Wirkung dieses letzten Windes betrachten, und diese Linie CD verlängern, bis Cd gleich CD wird. Betrachtet man auch hier die Linie Cd als die Diagonale eines Rechtecks abdC, so wird der für das Schiff noch wirkende Theil Cd des Windes in zwei andere Ca und Cb aufgelöst, und von diesen wirkt der erste Ca in der Direction NM des Schiffkiels oder längs des Weges, welchen das Schiff nehmen soll, und der andere Cb senkrecht auf diesen Weg oder senkrecht auf die Länge des Schiffes. Da aber das Schiff absichtlich so gebaut worden ist, daß es viel leichter in der Richtung seiner Länge NM, als in der bC seiner Breite bewegt werden kann, so wird es ungeachtet der ersten sehr ungünstigen Richtung EC des Windes mit beträchtlicher Geschwindigkeit nach der Richtung Ca oder längs seines Kieles, und nur sehr wenig in der darauf senkrechten Richtung bC fortgehen, welcher letztere Weg in der englischen Schifferſprache bekanntlich der Lee-way des Schiffes heißt. In diesem Beispiele sind demnach zwei auf einander folgende Auflösungen der Kräfte enthalten, da zuerst der ursprüngliche Wind EC in die zwei Seitenwinde DC und AC zerfällt wird, von welchen der zweite ganz unwirksam, und der erste DC oder dC wieder in die beiden Ca und Cb sich auflöst. Der bloße Anblick der Zeichnung zeigt schon, daß der Weg Ca, den das Schiff durch Hilfe des ursprünglichen Windes EC zurücklegt, desto größer seyn wird, je größer erstens die Kraft dieses Windes, d. h. je größer die Linie EC, und je größer zweitens der Winkel MCE ist, unter welchem er gegen den Kiel MN des Schiffes gerichtet ist.

§. 81. (Physische Ursache der Aberration.) Nehmen wir nun, um noch einige Augenblicke bei unserem letzten Gleichnisse zu bleiben, an, es befinde sich ein Reisender auf einem Schiffe AB (Fig. 17), das die Gestalt eines Rechteckes hat, und das auf einem Strome von West nach Ost oder von A nach B fährt. Auf dem Boden des Schiffes seyen die auf die Seiten des Schiffes senkrechten Linien mn, m'n', m''n''.. gezogen, die also alle von Süd nach Nord gehen, oder Mittagslinien vorstellen. Nehmen wir noch an, daß eine Kanonenkugel, vom südlichen Ufer, gerade in der Richtung der Mittagslinie kommend, das Schiff in dem Punkte m' treffe, und beide Seitenwände desselben durchschlage. Wenn das Schiff stille steht, so wird die in m' einbrechende Kugel das Schiff wieder in n' verlassen, oder der Weg der Kugel innerhalb des Schiffsraumes wird genau eine jener auf dem Boden desselben verzeichneten Mittagslinien m'n' seyn. Wenn aber das Schiff sich sehr schnell von West gen Ost bewegt, so wird es, nachdem die Kugel in m' durch die erste Wand geschlagen, einen gewissen Weg zurücklegen, bis die Kugel durch die zweite Wand bricht, und dieser Weg des Schiffes wird desto größer seyn, je größer die Geschwindigkeit des Schiffes in Vergleichung mit der Geschwindigkeit der Kugel ist. Wären die Geschwindigkeiten beider gleich, so ist klar, daß das zweite Loch n des Schiffes eben so weit von der Mittagslinie m'n' des ersten Loches m' gegen West abliegen würde, als das Schiff selbst breit ist, daß also die beide Löcher m' und n verbindende Linie m'n mit der Mittagslinie m'n' einen Winkel von 45 Graden bilden wird, und daß daher auch der Reisende in dem Schiffe, der nicht weiß, daß das Schiff selbst in Bewegung ist, glauben wird,

Digitized by Google

man habe sein Schiff in dieser Richtung von 45 Graden gegen die Mittagslinie durchschossen, da man doch in der That in der Richtung der Mittagslinie selbst darauf geschossen hat.

Wollte er nun, um Wiedervergeltung zu üben, aus seiner eigenen Kanone in dem Schiffe auf den Schützen am südlichen Ufer zurückschießen, und würde er, seinem erwähnten Glauben zu Folge, seine Kanone ebenfalls in die Mittagslinie, also in dieselbe Richtung m'n' stellen, welche, nach seiner Ansicht, die Richtung des Schusses vom Ufer war, so würde er seine Schiffskanone um volle 45 Grade falsch gerichtet haben.

Oder auch, wollte man das Schiff gegen solche von dem südlichen Ufer in der Richtung der Mittagslinie abgeschossene Kugeln dadurch wenigstens in einem Punkte m', etwa in der Nähe der Pulverkammer, sicher stellen, daß man in m' und n' eine Oeffnung in den Seiten des Schiffes anbrächte, und sie mit einer starken metallenen Röhre in der Richtung der Mittagslinie m'n' verbände, durch welche die Kugel, wenn sie in m' ankömmt, frei durchgehen soll, so würde man dadurch seinen Zweck nicht erreichen, weil die Kugel, obschon sie in der Richtung der Mittagslinie abgeschossen wird, in dem Schiffsraume doch nicht den mit der Mittagslinie parallelen, sondern den um 45 Grade gegen jenen gelegten Weg m'n zurücklegt, daher man also auch jener Röhre dieselbe Lage m'n geben muß, wenn die Kugel in der That durch dieselbe frei durchgehen soll, ohne die Wand der Röhre zu treffen, und ohne das Schiff zu verletzen. Alles unter der oben gegebenen Voraussetzung, daß die Geschwindigkeit der Kugel und des Schiffes einander gleich, und die Richtungen beider Bewegungen auf einander senkrecht sind, wie oben, bloß der größern Einfachheit wegen, angenommen worden ist. Hätte diese Voraussetzung nicht Statt, und wäre z. B. die Geschwindigkeit der Kugel zehn- oder hundertmal größer, als die des Schiffes, so würde der Winkel nm'n' nicht mehr 45 Grade betragen, aber seine wahre Größe würde sich aus den in §. 81 gegebenen Formeln in allen Fällen leicht finden lassen. Jenem Ausdrucke zu Folge wird nämlich, wenn m'n' die Geschwindigkeit der Kugel, und n'n die des Schiffes bezeichnet, die Größe nm' dividirt durch m'n' gleich der Tangente des gesuchten Winkels nm'n' seyn (Einl. §. 32). Ist z. B. die Geschwindigkeit der Kugel 10 oder 100 mal größer als die des Schiffes, so ist jener Winkel gleich 5°.7 oder gleich 0°.6.

Was von diesem Schiffe und seiner Röhre gesagt worden ist, gilt nun ebenfalls von dem großen Weltschiffe, der Erde, und von unsern Fernröhren, mit welchen wir die Gegenstände des großen Oceans, die wir auf unserer Reise um die Sonne befahren, zu betrachten pflegen. Auch diese Fernröhre müssen gegen die Gestirne so gerichtet werden, daß das Licht, welches von den Sternen ausgeht, ohne an die Wände des Fernrohrs zu stoßen, frei durchgehen, und zu unserem Auge gelangen kann.

Um diese Richtung des Fernrohrs oder des scheinbaren Lichtstrahls gegen die wahre zu finden, werden wir, nach dem Vorhergehenden, die Geschwindigkeit der Erde durch die des Lichtes dividiren, wo dann der Quotient dieser beiden Zahlen die Tangente des gesuchten Winkels seyn wird, den der scheinbare Lichtstrahl mit dem wahren bildet. Die Erde legt aber in ihrer jährlichen Bahn um die Sonne während einer Secunde 4.113, und das Licht legt, wie wir oben (§. 77) gesehen haben, in derselben Zeit 41900 Meilen zurück. Der Quotient beider Zahlen ist aber 0.000098162 und dieß ist die Tangente von 20.25 Secunden, also genau derselbe Winkel, den wir oben (§. 76) unmittelbar aus den beobachteten Erscheinungen der Aberration abgeleitet haben. — Diese schöne Ueber-

Digitized by Google

einstimmung der aus der bekannten Geschwindigkeit des Lichtes gefundenen Theorie der Bewegung der Fixsterne mit den unzähligen Beobachtungen, die seitdem an diesen Fixsternen mit den genauesten Instrumenten angestellt worden sind, ist daher nicht bloß ein neuer Beweis für die Richtigkeit von Römer's Entdeckung, sondern sie gibt auch zugleich der bereits im vorhergehenden Kapitel als sehr wahrscheinlich gefundenen jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne einen Grad von Bestätigung, der unmittelbar an das volle Licht der Wahrheit gränzt, und dessen sich wohl nur wenige Hypothesen der Astronomie und der Physik zu erfreuen haben mögen.

Betrachten wir zum Schlusse dieses Gegenstandes, indem wir unsern Blick auf die bereits zurückgelegte Bahn rückwärts wenden, einen Augenblick die Weise, auf welche, und die kleinen Mittel, durch welche die Entdeckungen, deren wir bereits erwähnt haben, gemacht worden sind. — Eine Linie, kaum so groß, als der zehnte Theil eines Zolls, um die nämlich das Secundenpendel in Südamerika kürzer gefunden wurde, als in Paris, lehrte uns die tägliche Umdrehung der Erde um ihre Axe, das Verhältniß der Centrifugalkraft derselben zu ihrer Schwere, die Verschiedenheit dieser Schwere auf der Oberfläche der Erde, und endlich die Gestalt und die Abplattung derselben an ihren Polen kennen, die selbst wieder so klein ist, daß sie nur den dreihundertsten Theil ihres Halbmessers beträgt. Dieses Pendel, das heißt, eine einfache, mit einem Gewichte versehene Schnur, gab uns ein Maß, damit die wahre Größe der Schwere unserer Erde oder den Raum, den frei fallende Körper zurücklegen, mit einer Genauigkeit zu messen, die uns kaum über den hunderttausendsten Theil dieser Größe ungewiß läßt, und es lehrte uns zugleich die Wirkungen derselben Schwere auf den Mond, in einer Entfernung von 50000 Meilen von uns, mit einer noch größeren Schärfe bestimmen. Andere Messungen, mit scheinbar noch viel geringeren Mitteln, mit dem schwächsten Spinnenfaden im Brennpunkte unserer Fernröhre, zeigten uns die Entfernung der Sonne von mehr als zwanzig Millionen Meilen sowohl, als auch die nicht minder erstaunenswürdige Größe dieses Himmelskörpers, dessen Volumen eine und eine halbe Million größer ist, als das unserer Erde. Dieselben Spinnenfäden und ein Stückchen Glas, auf Thon abgerieben, lehrten uns die ungeheuren Distanzen der Fixsterne kennen, die wenigstens zweimalhunderttausendmal weiter, als die Sonne, von uns entfernt sind; sie lehrten uns die Geschwindigkeit des schnellsten Körpers der Natur, des Lichtes, messen, und endlich in der Aberrations-Ellipse der Fixsterne, an dem Himmelsgewölbe, wie in einem verkleinernden Hohlspiegel, die große Bahn der Erde von nahe 130 Millionen Meilen im Umfange erkennen, von welchen jene kleine, mit unbewaffnetem Auge nicht einmal sichtbare Ellipse, als ein getreues Miniaturgemälde betrachtet werden kann.

Welche Resultate, und mit welchen Mitteln wurden sie erhalten! — Welche andere Wissenschaft hat ähnliche Siege mit ähnlichen Waffen aufzuweisen! Wohl mag es uns gegönnt seyn, die Astronomie als den Triumph des menschlichen Geistes, als den Gegenstand des gerechten Stolzes des Menschen zu preisen, der mit den Augen der Milbe jenen belebten Bläschen zusieht, von denen Tausende einen Wassertropfen bewohnen, und die heerdenweise durch das Oehr einer Nadel ziehen, und der dann, wenn er von diesen Welten im Kleinen, die ihn in zahllosen Mengen nach allen Seiten umgeben, seinen Blick aufwärts, zu den großen Welten über ihn erhebt, mit den Augen eines Cherubs sich in die ungemessenen Höhen des Himmels schwingt, und Räume durchwandert,

Digitized by Google

vor deren Größe selbst die kühnste Einbildungskraft erschrocken zurückbebt. Die Leser werden, wir hoffen es, auch in der Folge noch oft Gelegenheit haben, diese Bemerkung selbst zu bestätigen, da wir bisher nur wenige Schritte über den Eingang des erhabenen Tempels der Natur gemacht haben, und uns bei weitem der größte Theil dessen, was sein Inneres birgt, noch völlig unbekannt ist.

Kapitel VII.

Jahreszeiten.

§. 82. (Vortheile der Abwechslung der Jahreszeiten.) Nachdem wir in dem Vorhergehenden die Existenz der Bewegung der Erde um die Sonne über allen Zweifel erhoben haben, wollen wir in dem gegenwärtigen Kapitel eine der wichtigsten Folgen dieser Bewegung, verbunden mit der täglichen Rotation der Erde um ihre Axe, näher betrachten.

Dieser Doppelbewegung der Erde verdanken wir unsere Tages- und Jahres-Zeiten, zwei der wohlthätigsten Geschenke des Himmels, ohne die unser Leben nicht den tausendsten Theil des Reizes hätte, der uns jetzt so innig an dasselbe kettet, daß selbst der Unglücklichste von uns es nur mit Schmerz und widerstrebendem Kampfe verlassen kann. Wie wir uns an jedem Morgen, nach einem erquickenden Schlafe, mit neuen Kräften der kommenden Sonne entgegen erheben, so gießt auch jeder wiederkommende Frühling neue, sanfte Wärme in unsere Adern und erfüllt uns mit neuen Hoffnungen, indem er die ganze Natur aus ihrem starren Winterschlafe weckt und unsere Gärten und Fluren mit duftenden Blühten schmückt. Wenn diese wohlthätigen Veränderungen auf der Oberfläche unserer Erde nicht existirten, wie würde es dann um die gesammte Vegetation, um das Leben der Pflanzen und Thiere, um die Verschiedenheit der Erzeugnisse des Bodens und der Manufacturen, wie würde es um den Länder verbindenden Handel, um unsere geistige Cultur, und um uns selbst stehen?

§. 83. (Wenn die Erde eine andere, oder gar keine Rotation um ihre Axe hätte.) Nehmen wir auf einen Augenblick an, daß die Erde sich nur so um die Sonne bewegt, wie der Mond um die Erde, der ihr immer dieselbe Seite zuwendet, während die andere ewig von ihr abgekehrt bleibt, der also in derselben Zeit, in welcher er um die Erde geht, sich auch zugleich um seine eigene Axe dreht. Dann würde also auch die eine Hälfte unserer Erde nie das Licht der Sonne schauen und immerdar in finsterer Nacht begraben liegen. Wenn der Welttheil, den wir bewohnen, wenn Europa dieser unglücklichen, von der Sonne stets abgewendeten Hemisphäre angehörte, wie ganz anders würde dann die Geschichte

Digitized by Google

ässelben, ja die des gesammten Menschengeschlechtes aussehen, wenn überhaupt noch zur ewigen Finsterniß verurtheilte Wesen — eine Geschichte ihrer Thaten und Erfindungen haben können.

Oder wenn die Erde zwar eine jährliche Bewegung um die Sonne, aber keine tägliche um ihre eigene Axe hätte? — Dann würden wohl alle Theile der Erde sich nach und nach der Sonne zuwenden, Tag und Nacht würden auf ihr wechseln, aber welch ein Tag und welche Nacht! — Jeder dieser zwei Tageszeiten würde ein volles halbes Jahr währen und im Laufe des ganzen langen Sonnenjahres würde jeder Ort der Erde gleich unseren gegenwärtigen Bewohnern der beiden Pole, sechs Monate die Sonne sehen und sechs andere in tiefer Nacht und in einer Alles erstarrenden Kälte vertrauern. Ohne Zweifel würde eine solche Einrichtung, so weit sie auch der vorhergehenden vorzuziehen seyn mag, auf die Befriedigung der ersten Bedürfnisse und auf alle Bequemlichkeiten des Lebens, die uns jetzt so theuer und so unentbehrlich scheinen, den ungünstigsten Einfluß äußern, und so oft die arge, halbjährige Nacht mit ihren schwarzen Schwingen sich über dem Lande niederließe, auf welche heillose Zeitvertreibe würden Manche von uns verfallen, bloß um sich vor der immer näher rückenden, tödtenden Langeweile zu schützen.

In dieser Anordnung würde die Ebene der Erdbahn die Oberfläche der Erde immer in demjenigen Kreise schneiden, der jetzt auf unseren Erdgloben, eben so zweckwidrig als unnütz, durch die Ekliptik bezeichnet wird, und die Folge davon würde seyn, daß alle die Orte der Erde, welche unter diesem Kreise liegen, die Sonne einmal im Jahre in ihrem Zenithe sehen und zwar sehr lange sehen würden, indem die Strahlen derselben für jeden Bewohner jener Orte, beinahe zwei volle Monate durch, immer nahe senkrecht auf seinen Scheitel fallen würden. Welche lange, drückende Mittagsstunden, deren Schwüle nur wieder mit der starren Kälte der eben so langen Stunden der Mitternacht in Vergleich gebracht werden können! Aber auch die übrigen Menschen, die zu beiden Seiten dieses unheilvollen Kreises wohnen, würden keine Ursache haben, sich aus diesem Grunde glücklicher zu preisen, da auch sie in der zu lange anhaltenden Hitze verschmachten oder in dem halbjährigen Froste erstarren müßten. Die kalte und ein großer Theil der gemäßigten Zone endlich würde, bei dieser Einrichtung, für Menschen und Thiere ganz unbewohnbar seyn.

§. 84. (Wenn die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfiele.) Allen diesen Uebeln ist durch die einfache Einrichtung, daß die Erde in der kurzen Zeit eines Tages sich um ihre Axe dreht, wenigstens größtentheils abgeholfen. Ich sage, größtentheils, denn wenn zu dieser Umdrehung nicht noch eine zweite Bedingung hinzu kömmt, so würde es um den schönen Wechsel unserer Jahreszeiten, den wir nun einmal weder entbehren wollen noch können, immer noch sehr mißlich stehen. Man lasse nur die Erde sich täglich drehen, aber in derselben Ebene drehen, in welcher sie zugleich jährlich um die Sonne geht, oder mit anderen Worten, man lasse die Ekliptik mit dem Aequator zusammen fallen. — Die unmittelbare Folge dieser neuen Einrichtung würde seyn, daß überall auf der ganzen Erde und durch das ganze Jahr der Tag gleich lang mit jeder Nacht seyn, daß ein immerwährender Frühling auf der Erde herrschen, und daß von einem Wechsel der Temperatur und der Jahreszeiten weiter keine Rede mehr seyn würde. Ob wir aber bei diesem ewigen Frühling, den unsere Dichter wahrscheinlich nur deßhalb so oft preisen, weil sie ihn nicht kennen, uns besser oder auch nur überhaupt noch erträglich befinden würden, möchte sehr zu bezweifeln seyn. Die Gegenden

Digitized by Google

unter dem Aequator würden wahrscheinlich unter der sengenden Hitze
res Klima's verdorren; die weiter von ihm entfernten Länder wür
unter ewigem Eise begraben bleiben; ein verhältnißmäßig nur sehr k
ner Theil der sogenannten temperirten Zone würde für uns noch bewo
bar seyn, und auch hier würden die meisten unserer edlen Frü
nicht mehr zur Reife gelangen.

§. 85. (Schiefe Stellung der Erdaxe gegen die Ekliptik.) Und welc
ist diese zweite Bedingung, an die wir jene tägliche Rotation der E
knüpfen müssen, wenn wir all' dem erzählten Ungemach entfliehen
uns des so wünschenswerthen Wechsels der Jahreszeiten auf unserer E
in der That erfreuen wollen?

Die Natur hat diesen Zweck durch eine, wie es scheint, sehr geri
fügige Einrichtung zu erreichen gewußt, indem sie nämlich der Axe,
welche sich die Erde dreht, und die wir, in unserer letzten Hypoth
senkrecht auf die Ebene der Erdbahn gestellt haben, eine etwas schie
Neigung gegen diese Ebene gegeben hat. Diese schiefe Stellung
Erdaxe gegen die Erdbahn ist die eigentliche Ursache der Jahreszeit
und die Quelle aller der reichen Segnungen, welche dadurch über u
und über unsere Erde ausgegossen werden. Wir wollen diesen wichtig
Umstand, wie er es verdient, sogleich etwas näher betrachten.

Man denke sich durch den Mittelpunkt S (Fig. 18) der Sonne ei
fixe Linie SR, die auf die Ebene der Erdbahn oder der Ekliptik sen
recht steht und eine andere SP, welche mit jener den Winkel PSR gle
23½ Grad, also denselben Winkel macht, unter welchem der Aequat
gegen die Ekliptik geneigt ist. Die Erde bewege sich jährlich in de
Kreise ABCD der Ekliptik um die Sonne und drehe sich zugleich tägli
um ihre Axe pq, welche letzte in allen Punkten der Erdbahn mit d
zweiten der erwähnten fixen Linien, d. h. mit SP parallel bleiben so
so daß also p den Nord- und q den Süd-Pol der Erde vorstellt.

Dieß vorausgesetzt, gibt es vorzüglich vier Lagen der Erde geg
die Sonne, die wir hier näher betrachten wollen, nämlich die Lage
B, C und D, wo die Erde zur Zeit des Anfangs des Frühlings, d
Sommers, des Herbstes und des Winters in unserer nördlichen Hem
sphäre ist. In allen diesen Lagen wird nun zwar immer die Hälfte d
Oberfläche der Erde von der Sonne beschienen, während die ande
Hälfte im Schatten oder Dunkel bleibt, wie dieß bei jeder von eine
Lichte beleuchteten Kugel der Fall ist. Aber diese beiden Hälften, d
lichte und die dunkle, sind in Beziehung auf die feste Erdaxe pq in j
nen vier Lagen sehr verschieden vertheilt, oder die Lichtgränze, das heiß
der größte Kreis, welcher jene beiden Hälften trennt, geht zuweilen g
rade durch die beiden Pole p und q der Erde, zuweilen aber auch in b
trächtlicher Entfernung rechts oder links vor diesen Polen vorbei.

Die Ebene der Lichtgränze steht nämlich immer senkrecht auf all
den Linien ST. ST.., welche den Mittelpunkt der Sonne mit dem d
Erde verbinden. Die Linie pq aber, oder die Erdaxe, macht mit jen
Linien einen spitzen Winkel, so lange die Erde in der Hälfte ABC ihr
Bahn ist und einen stumpfen Winkel in der anderen Hälfte CDA, wä
rend bloß in den zwei Punkten A und C, d. h. im Anfange des Frü
lings und des Herbstes, dieser Winkel ebenfalls ein rechter ist. Dieß
Winkel der Erdaxe mp mit der Entfernung mS der Erde von der Son
oder der Winkel Smp ist nämlich gleich dem Winkel, unter dem ma
aus dem Mittelpunkte m der Erde die Entfernung der Sonne S vo
dem Nordpole p sehen würde, oder dieser Winkel Smp ist die Poldistan
(Einl. §. 13) der Sonne, und dieser Winkel ist am kleinsten oder glei

Digitized by Google

—23.5=66.5 Grade, wenn die Erde in B ist. Von da wächst er, bis er in C gleich 90° und endlich in D gleich 90+23.5=113.5 Grade wird, wo er zugleich den größten Werth hat. Von dem Punkte D an nimmt jener Winkel wieder ab, bis er in A, gegenüber von C, ein rechter wird und endlich in B, gegenüber von D, wieder seinen früheren kleinsten Werth von 66.5 Graden erreicht.

Denken wir uns noch auf der Oberfläche der Erde den Aequator durch a, die von beiden Polen gleich weit absteht, die beiden Wendekreise durch b und c (Einl. §. 24. I.), die von dem Aequator um den Bogen ab = ac = 23½° entfernt sind, und die beiden Polarkreise durch d und e, die von den beiden Polen p und q um denselben Bogen von 23½ Graden abstehen.

§. 86. (Erklärung der vier Jahreszeiten.) Dieß vorausgesetzt, betrachten wir zuerst die Erde, wenn sie in dem Punkte B ihrer Bahn steht, wo jener Winkel Smp am kleinsten oder gleich 66½ Graden ist, und daher der Nordpol p am tiefsten in die beleuchtete, der Südpol q aber am tiefsten in die dunkle Hälfte der Erde fällt. Wenn hier die Erde sich um ihre Axe dreht, so bleibt der Nordpol p immer in der beleuchteten, der Südpol q aber immer in der dunkeln Hemisphäre oder jener sieht die Sonne, die für ihn nicht untergeht, immer über seinem Horizonte, hat also immer Tag, während dieser, dem die Sonne nicht mehr aufgeht, immer Nacht hat. Dasselbe gilt auch von den Umgegenden der beiden Pole bis dorthin, wo diese Gegenden von den beiden Polarkreisen, durch d und e, begränzt werden. Denn da in dieser Lage der Erde die Lichtgränze mit der Erdaxe den Winkel 23½ Grade macht, so berührt diese Lichtgränze die beiden Polarkreise, und daher haben alle, welche innerhalb des nördlichen Polarkreises wohnen, einen immerwährenden Tag, und im Gegentheile diejenigen, welche von dem südlichen Polarkreise eingeschlossen werden, eine immerwährende Nacht. Auch auf die noch weiter von den Polen wohnenden Menschen hat diese Stellung der Erdaxe gegen die Sonne einen ähnlichen, wenn gleich geringeren Einfluß, je näher sie selbst dem Aequator kommen. Denn da die sämmtlichen Parallelkreise der Erde durch die Schattengränze derselben hier in sehr ungleiche Theile getheilt werden, von welchen der größere Theil in der nördlichen Hemisphäre der Tagseite, in der südlichen aber der Nachtseite angehört, so sind, wie schon der erste Blick auf die Zeichnung zeigt, für alle Bewohner der nördlichen Halbkugel die Tagbogen (Einl. §. 24. III.) länger als die Nachtbogen, während im Gegentheile für die südliche Halbkugel die Nächte länger als die Tage sind. Da endlich der Bogen ac und ab, so wie der Bogen pd und qe, jeder 23½° beträgt, so sehen die Bewohner des nördlichen, durch c gehenden Wendekreises die Sonne zu Mittag in ihrem Zenithe oder senkrecht über ihrem Scheitel. Alle noch weiter gegen Nord liegende Orte sehen diese ihre größte mittägige Höhe der Sonne immer kleiner als 90, bis sie endlich für den Bewohner des Pols p selbst den ganzen Tag in der Höhe von 23°.5 über dem Horizonte steht. Der Bewohner des nördlichen Polarkreises d sieht die Sonne um Mittag, wenn er in d ist, in der Höhe von 47° und um Mitternacht, wenn er durch die Rotation der Erde in die Schattengränze B fällt, sieht er die Sonne an seinem Horizonte, während im Gegentheile der Bewohner des südlichen Polarkreises e die Sonne nur eben in seinem Mittage an der Nordgränze seines Horizontes erblickt und gleichsam nur einen Augenblick Tag hat. Aus allem Vorhergehenden folgt, daß die Erde in diesem Orte B ihrer Bahn am 21. Junius ist, wenn in der nördlichen Hemisphäre der Sommer und in der südlichen der Winter anfängt. An diesem Tage würde ein Auge im Mittelpunkte der Erde die Sonne um 23.5 Grade über der Ebene des

Digitized by Google

himmlischen Aequators oder in der nördlichen Declination von 23 Graden sehen.

Von allem das Gegentheil erfolgt ein halbes Jahr später, am 2 Dec., wo die Erde in dem entgegengesetzten Punkte D ihrer Bahn ur wo der Nordpol p, derselbe, der früher zur Sonne hin geneigt war, je um denselben Winkel von der Sonne weg gewendet ist.

Da auch hier wieder die Schattengränze auf der Linie Sb, welc die Sonne mit der Erde verbindet, senkrecht steht, so ist nun der Nor pol p immer in der dunkeln und der Südpol q immer in der hellen Er hälfte, oder die Sonne geht für jenen Punkt nicht mehr auf und fi diesen nicht mehr unter. Die sämmtlichen Parallelkreise werden jetzt vo der Schattengränze ganz eben so ungleich, wie zuvor, getheilt, aber m dem Unterschiede, daß jetzt in der nördlichen Hemisphäre die größere Theile im Schatten liegen, oder daß hier die Nächte länger sind, al die Tage, während das Gegentheil in der südlichen Hälfte Statt finde Jetzt sehen die Bewohner des südlichen Wendekreises b die Sonne in il rem Zenithe, während sie für den Aequator a im Mittage um 23°.5 un für den nördlichen Parallelkreis c um 47° vom Zenithe entfernt ist, un endlich für den nördlichen Polarkreis d nur mehr im Mittage für eine Augenblick im südlichen Horizonte erscheint. An diesen Tagen wird ei Auge im Mittelpunkte der Erde die Sonne um 23.5 Grade unter der himmlischen Aequator sehen, weil in der That die Erde um denselbe Winkel über dem Aequator erhoben ist.

Zwischen diesen zwei Lagen der Erde, in B zu Anfang des Sommer und in D zu Anfang des Winters der nördlichen Halbkugel, gibt es mit ten inne zwei andere, in A und C, wo die Erdaxe weder zur Sonn hin, noch von ihr weggekehrt, sondern wo sie nach der Seite gewende ist und wo der Winkel Smp, der in B spitz und in D stumpf war, ei rechter Winkel wird. Da jetzt der obere und der untere Theil der Erd axe gegen die fixe Axe SR der Ekliptik zu beiden Seiten derselben gleich Entfernung haben, oder da jetzt diese Erdaxe auf der die Sonne un Erde verbindenden Linie eben so senkrecht steht, wie dieß die Ebene de Lichtgränze immer thut, so müssen auch die beiden Pole in diese Schat tengränze selbst fallen und diese Schattengränze wird daher alle Paral lelkreise in zwei gleiche Theile theilen oder endlich: Tag und Nacht wir auf der ganzen Erde dieselbe Länge von zwölf Stunden haben. Beid Pole sehen jetzt die Sonne den ganzen Tag in ihrem Horizonte und di Bewohner des Aequators sehen sie um Mittag in ihrem Zenithe, dahe auch ein Auge im Mittelpunkte der Erde die Sonne selbst in der Eben des himmlischen Aequators erblicken würde. In diesen beiden Punkte ist die Erde im Anfange unseres Frühlings in A am 21. März und i Anfange unseres Herbstes in C am 23. September. In diesen beide Punkten geht die Erde durch die Ebene des himmlischen Aequators ode die beide Punkte verbindende gerade Linie ist der Durchschnitt des Aequa tors mit der Ekliptik, die auch die Aequinoctiallinie oder die Nacht gleichenlinie heißt, weil für die ganze Erde, wenn sie in diesen beide Punkten steht, Tag und Nacht einander gleich sind (Einl. §. 22). In Gegentheile heißen die Punkte B und D, wo in dem ersten die Sonn am höchsten über und in dem zweiten am tiefsten unter dem Aequato erscheint, die Solstitial- oder Wendepunkte, weil in ihnen die Sonn ihre größte Entfernung vom Aequator am wenigsten ändert und gleich sam einige Tage stille zu stehen scheint, um sich dann wieder dem Aequa tor zuzuwenden.

Digitized by Google

Wir haben in dem Vorhergehenden nur die vier vorzüglichsten Punkte der Erdbahn näher betrachtet, wo der Winkel Smp entweder gleich 90 oder um 23.5 größer oder kleiner als 90 ist, wo er also seinen mittlern, seinen größten und seinen kleinsten Werth erreicht. Es ist aber klar, daß die Erde in den Zwischenzeiten von jenen vier Hauptpunkten allmählig alle Lagen erreicht, die zwischen den erwähnten Hauptstellungen liegen, und daß sonach jeder Ort der Erde durch alle allmählige Abstufungen seiner Jahreszeiten durchgeht.

§. 87. (Heiße, kalte und gemäßigte Zone der Erde.) Durch die Wende- und Polarkreise wird die Oberfläche der Erde sehr angemessen in Theile geschieden, die sich vorzüglich durch die Temperatur, welche in ihnen durch die Wirkung der Sonnenstrahlen hervorgebracht wird, wesentlich von einander unterscheiden.

Der Theil zu beiden Seiten des Aequators, der sich bis zu den beiden Wendekreisen erstreckt, heißt die heiße Zone; zwischen den Wende- und Polarkreisen liegen die beiden gemäßigten Zonen; und die beiden übrigen Räume, die von den zwei Polarkreisen begränzt werden und den Nord- und Südpol in ihrer Mitte haben, heißen die kalten Zonen. Die Breite der heißen Zone beträgt 47 Grade und ihre Oberfläche hat nahe 3.7 Millionen Quadratmeilen. Jede gemäßigte Zone hat zur Breite 43 Grade und beide zusammen haben eine Oberfläche von 4.8 Millionen Q.Meilen. Die Gränzen der kalten Zonen endlich sind von ihren Polen 23.5 Grade entfernt und die Oberfläche beider beträgen 0.8 Millionen Q.Meilen. Da die Oberfläche der ganzen Erde nahe 9280000 Q.Meilen beträgt, so nimmt die heiße Zone 0.4, die beiden gemäßigten 0.5 und die beiden kalten 0.1 der Fläche der Erde ein. Die Bewohner der heißen Zone sehen die Sonne am Mittage des Tages, wo die Declination der Sonne gleich der geographischen Breite ihres Parallelkreises ist, in ihrem Zenithe, und da sie auch die übrigen Tage des Jahres sich am Mittage nie beträchtlich von dem Zenithe entfernt, so fallen die Strahlen derselben nahe senkrecht auf die Fläche dieser Zone, daher die höhere Temperatur und die Benennung derselben. In dieser Zone sind die Tageslängen nie sehr von denen der Nächte verschieden, da selbst an den Gränzen dieser Zone, unter den Wendekreisen, der längste Tag, so wie die längste Nacht nur 13 Stunden 5 Minuten beträgt, während beide unter dem Aequator selbst durch das ganze Jahr einander immer gleich sind. Die Schatten aller senkrechten Gegenstände fallen im Jahre zweimal, zu Mittag, unter sie, und außer diesen beiden Epochen durch einen Theil des Jahres nach Norden und durch den anderen Theil nach Süden, daher die Bewohner dieses Erdgürtels zweimal im Jahre ganz schattenlos und die andere Zeit hindurch zweischattig sind. Für sie liegen die beiden Pole in dem Horizonte und die Parallelkreise stehen alle senkrecht über dem Horizonte, daher alle Gestirne ebenfalls in senkrechten Bogen auf und nieder gehen und im Laufe jedes Tages alle Theile des Himmels sich über dem Horizonte erheben oder sichtbar sind.

In den beiden gemäßigten Zonen erreicht die Sonne selbst im Mittage nie das Zenith des Beobachters und bleibt von demselben um so weiter entfernt, je weiter der Beobachter selbst von dem Aequator absteht, und mit diesem Abstande wächst auch die Ungleichheit der Tage und Nächte, bis endlich an den äußersten Gränzen dieser Zonen, unter den Polarkreisen, der längste Tag, so wie die längste Nacht volle 24 Stunden beträgt. In diesen beiden Zonen sind die vier Jahreszeiten, die in dem heißen Erdgürtel bloß in einem durch eine periodische Regenzeit unter-

Digitized by Google

brochenen Sommer bestehen, deutlich unterschieden, aber immer einander entgegengesetzt, so daß die nördliche Zone Frühling oder Sommer hat, wenn in der südlichen Herbst oder Winter ist.

Den Bewohnern dieser Zonen ist immer ein Theil des Himmels in der Nähe des ihnen entgegengesetzten Poles ganz verborgen oder unsichtbar, und die ihnen noch auf- und untergehenden Gestirne beschreiben alle gegen die Ebene des Horizonts schiefe Kreise. Der Schatten aller senkrechten Gegenstände endlich fällt in der nördlichen Zone immer nach Norden, und in der südlichen immer nach Süden.

In den kalten Zonen endlich, geht die Sonne, wenn sie dem Aequator nahe oder gar auf der dieser Zone entgegengesetzten Seite des Aequators steht, nicht mehr auf, und eben so, wenn sie dem diese Zone begränzenden Wendekreise nahe genug gekommen ist, nicht mehr unter. Dann sieht man sie so, wie überhaupt alle dort sichtbare Gestirne, in ununterbrochenen Kreisen über den Horizont herumgehen, die sich immer weniger gegen diesen hin neigen, bis sie endlich für den Mittelpunkt dieser Zonen, für den Pol selbst, ganz mit dem Horizonte parallel werden. An der äußersten Gränze oder unter dem Polarkreise, dessen Breite 66°.5 ist, dauert der längste Tag im Sommer, so wie die längste Nacht im Winter volle 24 Stunden. Näher bei den Polen, unter der Breite von 67.3, 69.7, 72.4, 78.2 und 83.8 Graden, beträgt diese größte Länge des Tages oder der Nacht in der angeführten Ordnung 1, 2, 3, 4 und 5 volle Monate, bis endlich unter den beiden Polen selbst die Sonne die eine Hälfte des Jahres über, und die andere unter dem Horizonte bleibt. Da für diese Zonen die Sonne sich nie hoch über den Horizont erhebt und daher die Strahlen derselben immer nur sehr schief auf die Oberfläche der Erde fallen, so erreicht auch die Temperatur dieser Gegenden keinen beträchtlichen Grad, und die dadurch erregte Kälte nimmt mit der Annäherung zu den beiden Polen schnell zu, bis sie endlich eine Intensität und Ausdauer erhält, die beinahe allem vegetabilischen und animalischen Leben feindlich entgegen tritt. Für die wenigen Bewohner dieser mit ewigem Schnee bedeckten Gegenden erscheint der eine Pol immer nahe beim Zenithe, während ihnen die ihnen entgegengesetzte Hälfte des Himmels, in deren Mitte der andere Pol ist, immer unsichtbar bleibt. Die Schatten endlich, welche die von der Sonne beschienenen Körper werfen, gehen, wie die Sonne selbst, täglich durch alle Punkte des Horizontes um sie herum, daher auch die Bewohner dieser Gegenden umschattige genannt werden.

§. 88. (Klimate der Alten.) Die älteren Geographen haben die Oberfläche der Erde in mehrere dem Aequator ebenfalls parallele Zonen getheilt, die sie auch Klimate nannten und so wählten, daß der längste Tag im Sommer, also auch die längste Nacht im Winter am Ende jeder Zone immer um eine halbe Stunde größer ist als im Anfange derselben. Die folgende Tafel gibt die geographische Breite des von dem Aequator entfernteren Endpunktes und die größte Länge des Tages oder der Nacht in diesem Endpunkte für alle Klimate, welche zwischen dem Aequator und den beiden Polarkreisen liegen.

Digitized by Google

Klima	Breite	Längster Tag	Klima	Breite	Längster Tag
1	8°.6	12ᴴ.5	13	60°.0	18ᴴ.5
2	16.7	13.0	14	61.3	19.0
3	24.5	13.5	15	62.4	19.5
4	30.8	14.0	16	63.4	20.0
5	36.5	14.5	17	64.2	20.5
6	41.4	15.0	18	64.8	21.0
7	45.5	15.5	19	65.4	21.5
8	49.0	16.0	20	65.8	22.0
9	52.0	16.5	21	66.1	22.5
10	54.5	17.0	22	66.3	23.0
11	56.6	17.5	23	66.4	23.5
12	58.5	18.0	24	66.5	24.0

Wien z. B. hat die Breite 48°.2, liegt also im achten Klima und sein längster Tag im Sommer, so wie seine längste Nacht im Winter beträgt 16ᴴ.2 oder 16 Stunden 12 Minuten, oder der längste Tag ist um 4ᴴ 12′ länger als 12ᴴ, und daher ist auch sein kürzester Tag im Winter um 4ᴴ 12′ kürzer als 12ᴴ oder gleich 7ᴴ 48′. Die Stadt Arkhangel im Gegentheile, deren Breite 64°.5 beträgt, liegt im achtzehnten Klima und ihr längster Tag ist 20ᴴ.7 oder 20ᴴ 42′, also auch ihr kürzester Tag im Winter nur 3ᴴ 18′. Für den Parallelkreis von 66°.4 endlich, dauert der längste Tag 23ᴴ 30′ und daher auch der kürzeste Tag nur eine halbe Stunde. Das Vorhergehende setzt voraus, daß der Tag erst dann anfange und ende, wann der Mittelpunkt der Sonne durch den Horizont geht. Da aber das Tageslicht schon bei dem Anfange des obersten Sonnenrandes anfängt und da überdieß dieser Aufgang des oberen Randes durch die Wirkung der Refraction, von der wir weiter unten sprechen werden, etwas beschleunigt wird, so wird aus diesen beiden Ursachen für alle Punkte der Erde der Tag größer seyn, als er in der vorhergehenden Tafel angenommen wurde, und dieser Unterschied ist besonders in den höheren Breiten sehr merklich, wo er selbst über einige Stunden gehen kann.

§. 89. (Temperatur der verschiedenen Gegenden der Erde.) Uebrigens richtet sich die eigentliche Temperatur, oder was wir das physische Klima einer Gegend nennen, nicht immer nach dem Winkel, unter welchem die Sonnenstrahlen auf dieselbe auffallen oder nach der geographischen Breite der Gegend, sondern sie ist auch, und zwar oft in einem sehr hohen Grade, durch die Höhe des Ortes über der Meeresfläche, durch die Umgebung desselben von Bergen, durch die Nähe des Meeres oder anderer großer Wassermassen und Waldungen und endlich durch die Constitution des Bodens selbst bedingt. Auch ist es nicht sowohl die senkrechte Lage der auf eine Gegend fallenden Sonnenstrahlen, als vielmehr das längere Verweilen der Sonne in der Nähe des Zeniths, wodurch die Wärme besonders befördert wird. Der Aequator hat um die Mitte des März und September die Sonne im Zenith, aber da sich um diese Jahreszeit die Declination der Sonne sehr schnell ändert (in einem Tage beinahe um 23 Minuten), so entfernt sie sich schon in einigen

Digitized by Google

Tagen wieder von dem Zenith. In der Mitte des Junius oder des December aber, wo die Sonne den Bewohnern der Wendekreise in ihrem Scheitel erscheint, ändert sie ihre Declination sehr langsam (in einem Tage nur einige Secunden), daher sie für diese Gegenden durch mehrere Wochen immer in der Nähe des Zeniths bleibt. Auch ist in der That die Temperatur dieser Gegenden beträchtlich höher, als die des Aequators. Ueberhaupt aber wird die Wärme der heißen Zone durch die beinahe immer gleich langen Nächte wieder abgekühlt, und dieß ist die Ursache, warum manche Gegenden der höheren gemäßigten Zonen zur Zeit ihres hohen Sommers eine beträchtlich höhere Temperatur haben, als selbst die der heißen Zone, weil sich dort durch die längeren Tage und die dauernde Gegenwart der Sonne über dem Horizonte die Wärme bedeutend erhöht. So steigt in der nördlichen Breite von 60 Graden im Julius die Hitze oft bis über 30 Grade R. im Schatten; im siebenzigsten Breitengrade macht sie öfter das Pech der Schiffe flüssig und selbst im achtzigsten Grade vermag sie noch den tief gefrorenen Boden aufzuthauen und die ihr anvertrauten Pflanzen durch eine unseren Treibhäusern ähnliche, schnelle Vegetation zur Reife zu bringen. Aber in noch höheren Breiten nimmt die erwärmende Kraft der Natur so sehr ab, daß sie sich beinahe nur mehr auf die Bildung des Eises beschränkt, die dort mit jedem Jahre zuzunehmen scheint. Allein weder die Richtung der Sonnenstrahlen, noch auch das Verweilen der Sonne in der Nähe des Zeniths kann, den Beobachtungen zu Folge, als die einzige Ursache der Temperatur einer Gegend angenommen werden, da oft Länder, wie Norddeutschland und Kamtschatka, in denselben Breitengraden liegen, und doch in ihrer mittleren Wärme ungemein verschieden sind. Ohne Zweifel haben hier die zum Theil bereits oben erwähnten localen Ursachen einen sehr thätigen Einfluß.

Schon Halley, Newton's Zeitgenosse, hat es versucht, die Erwärmung der verschiedenen Gegenden der Erde durch die Sonne darzustellen, wenn diese Erwärmung bloß als eine Function der verschiedenen Mittagshöhen der Sonne und ihres Verweilens über dem Horizonte betrachtet wird. Indem er auf diese Weise die Temperatur der Erde unter dem Aequator zur Zeit der Aequinoctien als 100 annahm, fand er die Temperaturen für andere Orte.

Für die Polhöhe	Zur Zeit der		
	Nachtgleichen	des längsten Tages	des kürzesten Tages
0°	100	91	91
10	98	101	79
20	94	108	66
30	86	113	50
40	76	115	34
50	64	115	19
60	50	113	5
70	34	117	0
80	17	123	0
90	0	12	0

Digitized by Google

Nach dieser Tafel verhielte sich die Temperatur des längsten Tags in der Breite von 80 zu der in der Breite von 40, wie 123 zu 115. Eben so verhält sich unter der Breite von 40 Graden die Temperatur des längsten Tages zu der des kürzesten wie 115 zu 34. Die Sonnenwärme der längsten Tage wächst von dem Aequator gegen die Pole, wie auch bereits oben als der Erfahrung gemäß bemerkt worden ist. Lambert gab in seiner Photometrie eine andere, wohl genauere Tafel, die aber eben so wenig mit den Beobachtungen übereinstimmt, da auch sie auf alle übrigen Ursachen, welche die Wärme eines Ortes bedingen, keine Rücksicht nimmt.

§. 90. (Schneegränze und isothermische Linien.) Eine der vorzüglichsten dieser auf die Temperatur eines Ortes einwirkenden Bedingungen ist die Höhe desselben über der Meeresfläche. In den Tropenländern von Amerika hängt die Wärme der Orte fast gar nicht von der geographischen Breite, sondern bloß von ihrer Höhe ab, indem man z. B. von dem Rio Guayaquil bis auf den Gipfel des Chimborasso alle Klimate von der Tropenregion bis zur Polarzone durchwandern kann. Ueberhaupt befindet sich über jedem einzelnen Orte der Erde in der Atmosphäre ein Punkt, wo selbst in der Mitte des Sommers Eis und Schnee nicht mehr aufthauen, oder wo das Thermometer nicht über den Gefrierpunkt steigt. Eine durch alle diese Punkte über der Erde gezogene Fläche heißt die Schneegränze. Nach Humboldt ist die Höhe der Schneegränze über der Oberfläche der Erde in der nördlichen Hemisphäre

in der Breite 0°	. .	14800	Par. Fuß
— 23	. .	14200	—
— 30	. .	13500	—
— 35	. .	11100	—
— 40	. .	9860	—
— 45	. .	8500	—
— 62	. .	5142	—
— 66	. .	4014	—
— 70	. .	3400	—

Die Schneegränze liegt also unter dem Aequator am höchsten und senkt sich von da gegen die Pole immer tiefer zur Erde, bis sie endlich, unter den Polen selbst, mit der Meeresfläche zusammenfällt. Auf der südlichen Hemisphäre, wo überhaupt die Kälte vorherrscht, liegt die Schneegränze durchaus beträchtlich tiefer, als in der nördlichen.

Wenn man die im Laufe eines oder mehrerer Jahre täglich, zu bestimmten Stunden, beobachteten Thermometerstände addirt und ihre Summe durch die Anzahl der Beobachtungen dividirt, so erhält man die sogenannte mittlere Temperatur des Beobachtungsortes. Diese ist z. B. für Cumana 22°.3 R., Batavia 21°.5, Kairo 18.0, Neapel 14.4, Mailand 10.6, Paris 8.8, Wien 8.6, London 8.4, Berlin 6.7, Stockholm 4.8, Petersburg 2.5, Nordcap 0.1. Man findet diese mittlere Temperatur eines jeden andern Ortes, wenn man die Zahl 13.7 mit dem Cosinus der doppelten Breite dieses Orts multiplicirt, und das Produkt zu 10.93 addirt.

Vergleicht man die mittleren Temperaturen mehrerer Orte mit ihren geographischen Breiten, so findet man beinahe keine Uebereinstimmung zwischen den beiden Zahlen. Zieht man aber auf einer Karte durch alle die Orte, welche dieselbe mittlere Temperatur haben, eine krumme Linie, so erhält man die sogenannten isothermischen Linien von 0°, 5°, 10°, 15°, und man findet, daß diese Linien in der heißen Zone dem Aequator

Digitized by Google

nahe parallel laufen, aber dann mit den wachsenden Breiten immer unregelmäßiger werden, doch so, daß sie sich alle am meisten gegen den Nordpol erheben, östlich in der Nähe des Meridians, der durch die Mitte von Deutschland geht, und westlich in einem durch die Westküste Amerikas gehenden Meridian, während sie wieder am meisten gegen den Aequator herabsteigen, in den beiden Meridianen, die durch die Mitte von China, und durch die Ostküste von Nordamerika gehen.

§. 91. (Erscheinungen für eine größere oder kleinere Schiefe der Ekliptik). Alle diese und noch viele andere Erscheinungen, die wir auf der Oberfläche der Erde bemerken, sind eine Folge der Jahreszeiten, und durch diese eine mittelbare Folge der oben erwähnten schiefen Stellung der Erdaxe gegen die Axe der Ekliptik. Würden diese beiden Axen zusammenfallen, also die Schiefe der Ekliptik, die jetzt nahe 23.5 Grade beträgt, gleich Null seyn, so würde, wie schon erwähnt, die mittägige Höhe der Sonne für jeden Ort der Erde durch das ganze Jahr dieselbe, und für alle Orte der Erde würde der Tag immer gleich der Nacht seyn. Wir haben bereits oben die Nachtheile einer solchen Stellung der Erdaxe angegeben. Wäre aber der Winkel der Ekliptik mit dem Aequator größer als jetzt, und z. B. gleich 45 Graden, so würde die heiße Zone von dem Aequator zu beiden Seiten desselben bis zu dem Parallelkreise von 45°, und die beiden kalten Zonen würden von 45° bis 90° oder bis zu den Polen gehen; und es würde, in der obigen Bedeutung des Wortes, keine gemäßigte Zone mehr geben. Dieser Mangel würde ohne Zweifel einen sehr wichtigen Einfluß, nicht blos auf die Cultur unseres Bodens, sondern auch auf unsere geistige Bildung haben, und unserer ganzen Menschengeschichte eine andere Gestalt geben. So lange die Erde besteht, ist weder in der heißen, noch in der kalten Zone irgend eine neue Wahrheit entdeckt, oder eine merkwürdige Erfindung in der Wissenschaft gemacht worden. Die beiden Extreme der Temperatur treten der körperlichen und geistigen Entwicklung des Menschen feindlich entgegen, und nur in dem gemäßigten Erdstriche scheint die Natur mit einer Art von Vorliebe die feinsten Genüsse, die angenehmsten Früchte und die edelsten und geistreichsten Menschen zu erzeugen.

Noch nachtheiliger endlich würde jene Einrichtung seyn, in welcher die Erdaxe auf der Axe der Ekliptik, also auch der Aequator auf der Ebene der Erdbahn senkrecht stünde, oder wo die Schiefe der Ekliptik 90 Grade betrüge. Dann würden alle drei Zonen von dem Aequator bis zu den Polen gehen, oder jede derselben würde sich, unabhängig von den beiden übrigen, über die ganze Erde erstrecken. Bei dieser Lage der Ekliptik würde zur Zeit des Anfangs des Sommers der nördlichen Hemisphäre die Sonne senkrecht über dem Nordpol stehen, und diese Hälfte der Erde eine längere Zeit durch beleuchten, während die andere Nacht hat, indem die Lichtgränze für diese Zeit mit dem Aequator zusammenfällt, und der Nordpol in der Mitte der heißen Zone liegt. Bald darauf würde sich diese Lichtgränze, die den Aequator immer halbirt, auf der Ostseite gegen den Nordpol, und auf der Westseite eben so viel gegen den Südpol ziehen, bis sie, nach drei Monaten, zur Zeit unseres Herbstes, senkrecht auf dem Aequator steht, und durch beide Pole geht, wo daher Tag und Nacht auf der ganzen Erde einander gleich sind. Von da dreht sich die Lichtgränze noch weiter in derselben Richtung, bis sie endlich, sechs Monate nach der ersten Epoche, wieder mit dem Aequator zusammenfällt, wo dann die südliche Hälfte der Erde gegen die Sonne gewendet, und die ganze nördliche von ihr abgekehrt ist, so daß jetzt der Südpol die Sonne im Zenith sieht, und der Nordpol seine

Digitized by Google

lange Nacht hat, oder in der Mitte der kalten Zone liegt. Von da dreht sich die Lichtgränze auf der andern Seite des Aequators auf dieselbe Weise, bis sie nach weitern drei Monaten wieder senkrecht auf dem Aequator steht, wo wieder Tag und Nacht für die ganze Erde gleich wird, und bis sie endlich am Ende des Jahres in dieselbe Lage zurückkömmt, die sie im Anfange desselben hatte. Bei dieser Stellung der Erdare würde daher jeder Punkt der Erde, selbst die beiden Pole nicht ausgenommen, zweimal im Jahre die Sonne in seinem Zenithe sehen, und für jeden würde es eine Zeit des Jahres geben, wo ihm durch mehrere Tage die Sonne nicht auf- oder nicht untergeht, so daß also jede Gegend der Erde einen Theil des Jahres durch zu der heißen, und den andern Theil zu der kalten Zone gezählt werden müßte, eine Einrichtung, die auf die sämmtlichen Bewohner derselben wohl nicht anders als sehr nachtheilige Wirkungen äußern könnte.

Kapitel VIII.

Planetensysteme.

§. 92. (Aufzählung der Planeten und Satelliten unseres Sonnensystems). Zu den Körpern des Himmels, welche sich zunächst um uns in dem großen Weltraume befinden, gehören nebst der Sonne noch eilf Planeten, (unsere Erde als einen solchen mitgezählt,) mit achtzehn Monden, von welchen einer der Erde gehört, und einer bis jetzt noch unbekannten, aber gewiß sehr großen Zahl von Kometen. Diese Himmelskörper bilden gleichsam eine isolirte Gruppe, zu der wir selbst gehören, und die wir daher vor allem näher kennen lernen sollen. Was jenseits des dieser Familie angewiesenen Raumes ist, steht in so weiter Entfernung von uns, daß es wohl immer ein uns gänzlich unbekanntes Land bleiben wird.

Von den genannten uns nähern Körpern sind es vorzüglich die Planeten, die unsere Aufmerksamkeit in hohem Grade erfordern. Sie zeichnen sich vor den übrigen Gestirnen durch ihre eigene sonderbare Bewegung, durch ihr matteres Licht, und die meisten derselben durch einen beträchtlichen Durchmesser ihrer kreisförmigen Gestalt aus, während die Fixsterne, auch in den besten Fernröhren, nur wie unmeßbare Punkte erscheinen. Ihre Namen und Zeichen sind:

Merkur ☿	Juno ⚵
Venus ♀	Ceres ⚳
Erde ♁	Pallas ⚴
Mars ♂	Jupiter ♃
Vesta ⚶	Saturn ♄

Uranus ♅

Digitized by Google

Die Sonne endlich wird durch ☉ und der Mond unserer Erde durch ☾ angezeigt. Von diesen Himmelskörpern waren fünf den Alten unbekannt. Uranus nämlich wurde erst am 13. März 1781 von Herschel, Ceres am 1. Januar 1801 von Piazzi, Juno am 1. Septbr. 1804 von Harding und Pallas am 28. März 1802, so wie Vesta am 29. März 1807 von Olbers entdeckt. Von diesen Planeten hat die Erde einen, Jupiter vier, Uranus sechs und Saturn endlich sieben Monde mit einem Doppelringe, der den letzten Planeten concentrisch umgibt.

Hier handelt es sich vor allem um die Anordnung oder um die gegenseitige Stellung dieser Himmelskörper. — Diese Stellung kann aber nur ein Resultat der Beobachtungen seyn, und nicht, wie wohl mehrere Philosophen der alten und neuern Zeit versucht haben, a priori oder aus hyperphysischen Gründen, die hier so viel als keine Gründe sind, bestimmt werden. Sehen wir also, was uns die Beobachtungen über diese Stellung der Planeten gelehrt haben.

§. 93. (Mannigfaltige Bewegungen der Planeten.) Zuerst bemerken wir, daß die Planeten zwar auch, wie die Sonne und der Mond, eine eigene Bewegung unter den fixen Sternen von West gegen Ost haben, abgesehen von der täglichen, allen Himmelskörpern gemeinschaftlichen Bewegung, die, wie wir bereits wissen, nur scheinbar ist, und ihren Grund in der täglichen Bewegung der Erde um ihre Axe hat. Allein diese Bewegung der Planeten ist keineswegs so regelmäßig, wie die der Sonne oder des Mondes, und sie ist nicht einmal immer, wenn gleich größtentheils, nach Osten, sondern auch öfter nach Westen gerichtet; ja zuweilen scheinen diese Körper sogar gänzlich stille zu stehen, und ihren Ort am Himmel durch längere Zeit gar nicht zu ändern.

Diese Abwechslungen ihrer Bewegungen sind offenbar in regelmäßige Perioden eingeschlossen, die, wie man bald bemerkt, von dem Stande dieser Körper gegen die Sonne oder von dem Winkel abhängen, welchen die Gesichtslinien von unserm Auge nach der Sonne und nach den Planeten unter sich bilden. Die nach Ost gerichtete Bewegung nennt man *direct* oder rechtläufig, die nach West gekehrte *retrograd* oder rückläufig, und wenn der Planet seinen Ort am Himmel einige Zeit durch nicht verändert, heißt er *stationär* oder stillstehend.

Die Erscheinungen, von denen hier die Rede ist, sind wohl im Allgemeinen für alle Planeten dieselben, aber die beiden erstgenannten, Merkur und Venus, zeigen doch mehrere Eigenheiten, welche bei den übrigen nicht angetroffen werden, daher wir gleichsam beide Klassen von Planeten gesondert betrachtet wollen.

§. 94. (Bewegung der unteren Planeten.) Jene zwei, die man auch die *unteren* Planeten heißt, entfernen sich scheinbar nie weit von der Sonne, so daß sie gleichsam als Begleiter derselben anzusehen sind, während alle übrigen sich in alle Entfernungen von ihr wagen, und daher auch oft an der der Sonne gegenüberstehenden Gegend des Himmels erscheinen. Wenn die unteren Planeten der Sonne am nächsten stehen, und ihre Scheibe, wie der Mond im Vollichte, ganz beleuchtet und zugleich am kleinsten erscheint, so ist ihre directe Bewegung zugleich am schnellsten, oder sie entfernen sich am geschwindesten von der Sonne gegen Ost. Wenn auf diese Weise Merkur nahe 23 Grade östlich von der Sonne sich entfernt hat, kömmt er wieder zu ihr zurück, obschon seine Bewegung, in Beziehung auf die Fixsterne, noch immer direct, aber auch schon sehr langsam geworden ist. Wenn er auf diesem Gang zur Sonne etwa 18 Grade von ihr absteht, verschwindet seine Bewegung gänzlich, und er wird stationär. Bald darauf nimmt er eine retrograde Bewe-

Digitized by Google

ganz an, die immer geschwinder wird, und mit welcher er sich der Sonne noch weiter nähert, bis er sie endlich erreicht, und da er jetzt in ihren Strahlen schwimmt, für uns ganz unsichtbar wird. Während dieser ganzen Periode hat seine scheinbare Größe immer zugenommen, aber von seiner Scheibe ist nach und nach immer ein kleinerer Theil auf der westlichen oder der Sonne zugekehrten Seite beleuchtet, wie wir dieß bei dem abnehmenden Monde bemerken, bis endlich diese lichte Scheibe am Ende dieser Periode, wie der Mond im Neulichte, gänzlich verschwindet. Wenn er so zum zweitenmale in die Nähe der Sonne gekommen ist, so ist seine retrograde Bewegung am schnellsten. Bald darauf entfernt er sich mit einer immer schwächer werdenden Geschwindigkeit auf der Westseite von der Sonne, bis er, in der westlichen Entfernung von 18°, wieder eine Zeit durch still steht. Wenn er dann mit einer allmählig schneller werdenden directen Bewegung sich bis 23° von der Sonne entfernt hat, fängt er an, sich ihr zu nähern, und kömmt endlich, wenn seine directe Bewegung am größten ist, wieder bei ihr, das heißt, wieder in dem Punkte an, von welchem er im Anfange der ersten Periode ausgegangen ist, um fortan dieselben Erscheinungen in der aufgezählten Ordnung zu wiederholen. Während dieser zweiten Periode hat seine scheinbare Größe immer abgenommen, aber seine östliche, d. h. seine der Sonne zugewendete, Seite wurde, wie der zunehmende Mond, immer mehr und mehr beleuchtet, während die westliche Seite dunkel blieb, bis sie endlich am Ende der zweiten Periode, wie der Mond im Vollichte, gänzlich beleuchtet ist. Die Dauer jeder dieser zwei Perioden ist nahe 58 Tage, also die Zeit, welche den ganzen Wechsel dieser Erscheinungen umfaßt, 116 Tage; die Zeit aber, während welcher Merkur eine retrograde Bewegung hat, beträgt 17½ Tage und der Bogen, den er während dieser rückläufigen Bewegung beschreibt, ist nahe 12½ Grad. — Ganz ähnliche Erscheinungen bietet auch der zweite untere Planet, die Venus, dar, nur sind die so eben für Merkur angeführten Zahlen bei diesem Planeten durchaus etwas größer. Seine größte Ausweichung von der Sonne beträgt 46½ Grade, während die Ausweichung zur Zeit ihres östlichen und westlichen Stillstandes 28 Grade hat. Die Zeit einer jeden ihrer zwei Perioden beträgt 291, also die des ganzen Wechsels der Erscheinungen 582 Tage, und die Zeit ihres Rückgangs 41 Tage, so wie auch der Bogen ihres Rückgangs nahe 16 Grade umfaßt. Beide Planeten endlich stehen während der Zeit ihrer ersten Periode östlich von der Sonne, gehen also, als Abendsterne, nach der Sonne unter, während sie in der zweiten Periode der Sonne westlich stehen, oder als Morgensterne vor ihr auf- und untergehen.

§. 95. (Bewegungen der oberen Planeten.) Anders sind diese Erscheinungen bei den sogenannten oberen Planeten. — Mars z. B. hat, so wie jene, seine größte östliche Bewegung, und zugleich seinen kleinsten Durchmesser zu der Zeit, wo er uns ganz nahe bei der Sonne erscheint. Aber diese Geschwindigkeit nimmt mit der östlichen Entfernung von der Sonne immer ab, und verschwindet endlich in der Entfernung von 137 Graden, wo er unter den Fixsternen eine kurze Zeit still zu stehen scheint, und bald darauf mit einer immer schneller werdenden retrograden Geschwindigkeit, sich noch weiter von der Sonne entfernt. Wenn er der Sonne gerade gegenüber kömmt, oder um Mitternacht durch den Meridian geht, ist seine retrograde Bewegung, so wie auch sein scheinbarer Durchmesser, am größten. Von diesem Punkte nimmt seine Geschwindigkeit allmählig ab, bis sie, in der Entfernung von 137 auf der Westseite der Sonne, wieder verschwindet, und der Planet daher wieder

Digitized by Google

stationär wird. Bald darauf nimmt er seine östliche oder directe Bewegung wieder an, und nähert sich mit einer immer größern Geschwindigkeit der Sonne, die er endlich mit seiner größten directen Bewegung, und mit seinem kleinsten scheinbaren Durchmesser erreicht, um von ihr aus wieder eine neue Periode derselben Erscheinungen zu beginnen. Die Dauer und Größe dieser einzelnen Phänomene für die einzelnen obern Planeten enthält die folgende kleine Tafel:

	Dauer der ganzen sonod. Periode	Ausweichung von der Sonne beim Stillstand	Bogen des Rückgangs	Dauer des Rückgangs
Mars	780.4 Tage	137 Grade	14 Grade	70 Tage
Jupiter	398.8	117	10	119
Saturn	378.0	108	7	136
Uranus	369.7	102	4	150

Uebrigens sind diese Zahlen nur die mittleren von denjenigen, die man in der That beobachtet, und diese letzten sind oft nicht unbeträchtlich von jenen verschieden. So verändert sich die Ausweichung des Mars bei seinem Stillstande von 129 bis 147 Graden, und die Dauer seines Rückgangs von 60 bis 80 Tagen, und ähnliche Variationen hat man auch bei allen übrigen Planeten bemerkt.

Bisher haben wir aber nur die Bewegung der Planeten in ihrer Länge betrachtet, und sie ist, wie man sieht, bereits nicht wenig verwickelt. Allein noch viel verwickelter wird sie, wenn man, wie man soll, zugleich auch auf die Veränderungen ihrer Breite Rücksicht nimmt.

§. 96. (Graphische Darstellung dieser Bewegungen.) Um dieß sogleich durch ein Beispiel zu zeigen, so enthält die kleine Karte (Fig. 18 A) für die Monate Februar bis September des Jahres 1835 den Lauf der Sonne sowohl, als auch den des Merkur, wie er von der Erde in Beziehung auf den Aequator erscheint. Die gerade Linie 00 stellt den Aequator vor, auf welchem die Rectascensionen in Stunden I. II. III. genommen sind, deren jede 15 Grade enthält, und senkrecht darauf stehen die in Grade getheilten Declinationskreise. Der Lauf der Sonne ist durch die einfache krumme Linie ABC . . F, und der des Merkur durch abc . . f vorgestellt, so daß die Zeichen A und a den Ort der Sonne und des Merkur für den 1. März, B und b für den 1. April, C und c für den 1. May . . . und F und f für den 1. August des Jahres 1835 angeben. So ist z. B. für die Punkte C und c oder für den 1. May die Rectascension der Sonne 2h 30′ und die des Merkur 1h 25′; die nördliche Declination der Sonne aber 15° und die von Merkur 6°. Schon der erste Blick auf diese Karte zeigt die große Unregelmäßigkeit des Laufes des Planeten, während die Bahn der Sonne als ein einfacher größter Kreis des Himmels erscheint. Im Allgemeinen geht zwar auch Merkur von West gegen Ost, indem er die in derselben Richtung fortschreitende Sonne bald in geringer, bald in größerer Entfernung begleitet, aber diese directe Bewegung des Planeten wird selbst in dieser kurzen Zeit mehr als einmal unterbrochen. So erscheint er in Rectascension stationär am 1. März oder in dem Punkte a, wo die Richtung seiner Bahn senkrecht auf dem Aequator ist, und dasselbe ist der Fall am 24. März, am 4. Julius und am 29. Julius, und seine Bewegung ist daher retrograd vom 1. bis 25. März durch einen Bogen von 11.5 Grad, und vom 4. bis 28. Juli durch einen Bogen von 11.0 Grad. Nicht geringeren Veränderungen ist auch die Declination dieses Planeten unterworfen. Im Anfange des Jahrs 1835 war seine südliche Declination

Digitized by Google

am größten, und nimmt von da ab, bis Merkur am 26. Februar durch den Aequator geht. Dann wächst die nördliche Declination, aber nur bis zu einem Grad am 4. März, wo sie stationär ist, weil dann die Bahn des Planeten eine gegen den Aequator parallele Lage annimmt. Bald darauf nimmt diese ohnehin nur kleine nördliche Declination wieder ab, bis Merkur am 10. März zum zweitenmale durch den Aequator geht, und seine südliche Declination bis zum 29. März wächst, wo sie wieder am größten und stationär ist. Darauf nähert er sich wieder dem Aequator, den er am 21. April zum drittenmale schneidet. Von diesem Punkte an wächst die nördliche Declination durch längere Zeit bis zum 4. Junius, wo sie ihren größten Werth von 26° erhält, und von da wieder abnimmt, bis sie am 14. Juli ihren kleinsten Werth von 16° hat, und stationär wird. Von diesem Punkte an wächst die Declination wieder, bis sie am 8. August neuerdings ihren größten Werth von 20° erhält, einige Zeit durch stationär ist, und dann allmählig wieder kleiner wird, indem der Planet sich dem Aequator nähert, um ihn am 14. September zu erreichen. Am 22. Februar und am 19. Junius hat Merkur seine größte östliche, und am 7. April und 5. August seine größte westliche Ausweichung von der Sonne. Im Gegentheile steht er am 14. März, 17. Mai, 16. Juli und 29. August der Sonne am nächsten, doch mit dem Unterschiede, daß sein Durchmesser am 14. März und 16. Julius am größten, aber beinahe ganz unbeleuchtet, am 17. Mai und 29. August aber am kleinsten, und ganz voll beleuchtet erscheint. Auch steht Merkur vom 11. Febr. bis 14. März, so wie vom 17. Mai bis 16. Julius östlich von der Sonne, und geht daher erst in den Nachmittagsstunden durch den Meridian, während er vom 14. März bis 17. Mai, und vom 16. Julius bis 29. August westlich von der Sonne steht, und in den Morgenstunden culminirt.

§. 97. (Diese Bewegungen sind nur scheinbar.) Was soll man nun von allen diesen Sonderbarkeiten denken, und dann — auf welche Weise sollen wir sie uns erklären? Denn daß dieses immerwährende Vor- und Rückwärtsgehen, diese abwechselnden Näherungen und Entfernungen in Beziehung auf den Aequator, diese auffallenden Stillstände in Rectascension und Declination, dieses häufige Ab- und Zunehmen der Geschwindigkeit, mit welcher sich jene Himmelskörper bewegen, und daß überhaupt diese sonderbare und höchst unregelmäßige Bahn des Planeten mit ihren Knoten und Schlingen zwischen den Punkten a, b und e, f, daß dieß die wahre Bahn des Planeten seyn soll, ist doch äußerst unwahrscheinlich, wenn wir bedenken, daß die Natur beinahe überall, wo wir sie näher kennen zu lernen Gelegenheit haben, die einfachsten Mittel in Bewegung zu setzen pflegt, um ihre Zwecke zu erreichen. Wir werden daher wohl annehmen müssen, daß diese Unregelmäßigkeiten und Verwicklungen, welche wir bei dem Laufe der Planeten bemerken, nur scheinbar sind, und daß sie sich nur für uns mit allen diesen Complicationen darstellen, während sie vielleicht für Andere oder auch für uns selbst, aber unter andern Verhältnissen, eben so einfach seyn würden, als die Bahnen der Sonne und des Mondes, die beide sehr regelmäßig in größten Kreisen am Himmel einhergehen.

Aber welcher Art sind diese Verhältnisse, wodurch jene Einfachheit der Bewegung der Planeten bedingt seyn soll? — Was auch die Antwort auf diese Frage seyn mag, so viel ist klar, daß jene Unregelmäßigkeiten, so verwickelt sie uns auch erscheinen, sich doch offenbar nach dem Stand der Sonne, oder was hier dasselbe ist, nach der Stellung der Erde richten, welche diese, die immer der Sonne gegenübersteht, im Him-

Digitized by Google

melsraume eben einnimmt. Es wird nicht unangenehm seyn, dieß etwas genauer zu untersuchen, da wir vielleicht eben dadurch der wahren Erklärung jener Erscheinungen näher kommen werden.

§. 98. (Periode dieser Bewegungen, und synodische Revolution der Planeten.) Die auffallendsten jener Unregelmäßigkeiten, die Schlingen der Bahn, wo der Planet einen Rücksprung macht, um seinen eigenen Weg zu durchschneiden, haben immer in der Nähe seines Stillstandes, und um die Zeit Statt, wo er entweder bei der Sonne, oder, für die oberen Planeten, ihr gerade gegenüber steht, und wo der Durchmesser desselben am größten erscheint, also wohl der Planet selbst uns am nächsten ist. Die Orte des Himmels, wo diese Stillstände und Schlingen Statt haben, ändern sich zwar mit jedem Jahre, aber die Stellung des Planeten gegen die Sonne, wenn jene Erscheinungen Statt haben, bleibt immer dieselbe, und die Zeiten, welche von einer Zurückkunft des Planeten zur Sonne bis zur nächstfolgenden verfließen, sind im Allgemeinen immer dieselben. Man nennt diese Zeiten die synodischen Umläufe oder die Revolutionen der Planeten in Beziehung auf die Sonne. Es fehlt allerdings auch hier nicht an Ungleichheiten, wie auch bereits oben bemerkt worden ist, aber wenn man die sogenannte mittlere Größe dieser Umläufe aus sehr weit, z. B. aus Jahrhunderte von einander entfernten Beobachtungen sucht, so findet man sie immer von gleicher Größe. Man findet so für die synodische Revolution Merkurs 115.87 Tage, Venus 583.92, Mars 779.38, Vesta 505.0, Juno 474.0, Pallas und Ceres 466.5, Jupiter 398.8, Saturn 378.0 und Uranus 369.7 Tage. Diese Umlaufzeiten der Planeten um die Sonne sind es also, durch welche jene Erscheinungen des Vor- und Rückwärtsgehens, und des Stillstandes der Planeten gleichsam regulirt werden, so daß diese Phänomene alle in derselben Ordnung, während einer synodischen Revolution, periodisch wiederkehren. So kömmt z. B. Jupiter immer 142 Tage nach seiner Conjunction (§. 73) mit der Sonne, wenn er von ihr 117 Grade entfernt ist, zu seinem ersten Stillstand, nach welchem er seine rückgängige Bewegung anfängt, die 119 Tage dauert, so daß er am Ende von 261 Tagen nach seiner Conjunction in seinen zweiten Stillstand tritt, nach welchem er wieder seine rechtläufige Bewegung anfängt, und so fort bei allen anderen Planeten.

§. 99. (Durchgang der Planeten durch die Ebene der Ekliptik.) Noch auffallender zeigt sich diese Abhängigkeit jener Anomalien von der Sonne bei dem Durchgange der Planeten durch die Ekliptik oder durch die Ebene der Erdbahn. Es ist leicht, den Augenblick zu finden, wann der Planet durch die Ekliptik geht. Man darf nur zu der Zeit, wo er sich in ihrer Nähe aufhält, täglich die Rectascension und Declination desselben beobachten, und daraus durch Rechnung die Länge und Breite der Planeten ableiten. Findet man auf diese Weise zwei Tage, an deren erstem der Planet nördlich, und an dem zweiten südlich von der Ekliptik stand, so erhält man daraus, und aus der täglichen Aenderung der Breite durch eine einfache Proportion die Zeit, wann diese Breite verschwindet, oder wann der Planet durch die Ekliptik geht (Einl. §. 22 II.). Vergleicht man nun wieder, um andere kleinere Ungleichheiten des Planetenlaufs zu umgehen, Jahrhunderte weit von einander entfernte Zeiten solcher Durchgänge, so findet man, für je zwei nächste Durchgänge des Planeten, immer denselben mittlern Werth, oder, mit andern Worten: die Zeit von einem Durchgange des Planeten durch die Ekliptik bis zu dem nächstfolgenden, ist im Allgemeinen immer dieselbe, der Planet mag bei diesen Durchgängen eine directe oder eine retrograde, eine große oder

Digitized by Google

eine kleine Geschwindigkeit haben. Da nun der Mittelpunkt der Sonne ebenfalls in der Ekliptik liegt, wie jener der Erde, so wird auch ein Beobachter in der Sonne den Planeten in demselben Augenblicke, wo wir ihn durch die Ebene der Ekliptik gehen sehen, in derselben Ebene erblicken, daher auch für jenen die Intervalle dieser Durchgangszeiten einander gleich seyn werden. Diese auffallende Regelmäßigkeit der Bewegung der Planeten, wenn sie von der Sonne aus in dem Punkte, wo sie durch die Ekliptik gehen, betrachtet werden, muß auf die Vermuthung führen, daß vielleicht auch noch mehrere andere der oben angeführten Anomalien verschwinden würden, wenn wir die Planeten in allen ihren Punkten von der Sonne aus beobachten könnten; daß also wohl die Sonne, und nicht die Erde, die eigentliche Stelle seyn möge, aus welcher wir dieses Schauspiel betrachten sollten, um es in seiner ganzen Schönheit und Einfachheit zu übersehen, und daß endlich alle jene Sonderbarkeiten nur scheinbar seyn, und ihren Grund wohl nur darin haben können, daß wir sie von einem Standpunkte, der sich selbst um die Sonne bewegt, also von einem in jedem Augenblicke veränderten Standpunkte betrachten.

So richtig dieser Schluß auch seyn mag, und so sicher er (wie uns Alles, was wir bisher über die Bewegung der Erde bereits kennen gelernt haben, vermuthen läßt), zu einer glücklichen Auflösung des großen Problemes zu führen scheint — unsern Vorgängern war dieser Weg verschlossen, und die Aufgabe mußte, so viel Scharfsinn sie auch darauf verwendeten, für sie unauflösbar bleiben.

§. 100. (Siderische Umlaufszeiten der Planeten.) Die Bemerkung, daß die Zwischenzeiten der Zurückkunft der Planeten zur Ekliptik, von dem Mittelpunkte der Sonne gesehen, immer dieselben, oder daß sie constant sind, ließ uns vermuthen, daß wohl diese Sonne selbst der wahre Mittelpunkt der Bewegung jener Planeten seyn könne. Gehen wir noch einen Schritt weiter, und nehmen wir an, daß, aus diesem Mittelpunkte der Sonne gesehen, auch alle übrigen so sonderbaren und verwickelten Bewegungen eben so einfach erscheinen mögen, wie uns die Bewegung der Sonne und des Mondes erscheint. Diese beiden Gestirne gehen nämlich für uns in einem größten Kreise des Himmels um den Mittelpunkt der Erde, und dieß aus der Ursache, weil diejenigen Ebenen, in welchen ihre kreisförmigen Bahnen liegen, selbst durch den Mittelpunkt der Erde gehen. Sollen also die Planeten um die Sonne eben so einfache größte Kreise am Himmel beschreiben, so müssen ihre Bahnen ebenfalls in Ebenen liegen, die durch den Mittelpunkt der Sonne gehen. Diese Ebenen können aber den Ebenen der Ekliptik nicht parallel seyn, weil wir sonst, selbst von der Erde aus, die immer in der Ekliptik bleibt, die Planeten nie über oder unter derselben sehen könnten. Diese durch den Mittelpunkt der Sonne gehenden Ebenen der Planetenbahnen, werden also die Ebene der Ekliptik irgendwo in einer geraden Linie schneiden, und diese Linie wird selbst wieder durch den Mittelpunkt der Sonne gehen. Wir wollen diesen Durchschnitt beider Ebenen die Knotenlinie der Planetenbahn nennen. Verlängert man sie zu beiden Seiten, bis sie die Sphäre des Himmels in zwei Punkten trifft, so können diese zwei Punkte die Knoten der Planetenbahn heißen, und zwar der eine der aufsteigende, von dem sich der Planet, wenn er in jene Durchschnittslinie kömmt, über die Ekliptik oder gen Norden erhebt, während der andere entgegengesetzte, von dem er unter die Ekliptik oder gegen Süden geht, der niedersteigende Knoten heißt. Man pflegt diesen durch ☋ und jenen durch ☊ zu bezeichnen.

Digitized by Google

Ist diese Voraussetzung, daß die Bahnen aller Planeten ebene Curven sind, und daß die Ebenen, in welchen sie liegen, alle durch den Mittelpunkt der Sonne gehen, richtig — und wir werden sie weiter unten vollkommen bestätigt finden — so wird also auch jene Zwischenzeit zwischen den zwei nächsten Durchgängen des Planeten durch denselben Knoten von der Sonne, oder was, wie wir bereits wissen, dasselbe ist, von der Erde gesehen, die Zeit des Umlaufs des Planeten um die Sonne, oder wie man sich auch auszudrücken pflegt, jene Zwischenzeiten werden die siderischen Revolutionen des Planeten seyn, weil nämlich in dieser Zeit der Planet in seiner Bahn volle 360 Grade um die Sonne beschrieben haben, und am Ende dieser Zeit, von der Sonne aus gesehen, wieder bei demselben Knoten, oder, was dasselbe ist, bei demselben Fixsterne (sidus) erscheinen wird, bei welchem er am Anfange derselben gesehen wurde, vorausgesetzt, daß dieser Knoten selbst, während jener Zwischenzeit, seinen Ort am Himmel nicht verändert hat, was, den Beobachtungen zu Folge, wenigstens sehr nahe der Fall ist. Diese siderischen Revolutionen werden daher von den oben (§. 98) angeführten synodischen Umlaufszeiten verschieden seyn, da die letzten die Zeiten der Zurückkunft des Planeten zur Sonne, also zu einem selbst wieder beweglichen Punkte, jene aber die Wiederkehr zu einem Fixsterne, d. h. zu einem festen Punkte des Himmels bezeichnen.

Dieß gibt daher ein sehr einfaches Mittel, die siderischen Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne zu bestimmen, da die Beobachtungen ihres Durchgangs durch die Ekliptik, wie wir oben gesehen haben, keinen weiteren Schwierigkeiten unterliegen. Die folgende Tafel gibt diese Umlaufszeiten für alle Planeten. Da aber, wenn diese Zeiten bekannt sind, durch Hilfe des oben (§. 58) angeführten Gesetzes von Kepler auch sofort die Verhältnisse der mittleren Distanzen der Planeten von der Sonne oder die Halbmesser ihrer kreisförmigen Bahnen gegeben sind, so sind auch diese der Tafel beigefügt worden. Unter diesen Distanzen ist die mittlere Distanz der Erde von der Sonne als Einheit angenommen worden. Da aber, wie bereits §. 65 gesagt wurde, diese mittlere Distanz 20657700 Meilen beträgt, so wird man die Zahlen der zweiten Kolumne dieser Tafel durch 20657700 multipliciren, um die Halbmesser der übrigen Planetenbahnen in Meilen ausgedrückt zu erhalten.

	Siderische Revolutionen		Mittlere Distanzen
Merkur . .	87.9693	Tage . . .	0.38710
Venus . .	224.7008	„ . . .	0.72333
Erde . .	365.2564	„ . . .	1.00000
Mars . .	686.9796	„ . . .	1.52369
Vesta . .	1327.6	„ . . .	2.3632
Juno . .	1593.8	„ . . .	2.6704
Ceres . .	1681.4	„ . . .	2.7672
Pallas . .	1682.5	„ . . .	2.7683
Jupiter . .	4332.5963	„ . . .	5.20116
Saturn . .	10758.96984	„ . . .	9.53781
Uranus . .	30688.71268	„ . . .	19.18318

§. 101. (Grundsätze der Planetentheorie bei den älteren Astronomen.) Nach dieser Digression gehen wir nun wieder zu den Erklärungen der alten Astronomen zurück. Sie gingen von dem sonderbaren Grundsatze aus, daß die Erde in der Mitte des Weltraums unbeweglich ruhe, weil dieß dem äußeren Scheine gemäß ist, und weil die Erde, nach ihrer Meinung, der wichtigste Körper des Himmels ist, dem es daher nicht

Digitized by Google

angemessen seyn kann, sich um die andern, die nur ihretwegen da sind, zu bewegen. Mit diesem Princip verbanden sie ein zweites von nicht geringerem Werthe, daß nämlich alle Bewegungen der Himmelskörper, wenn sie Statt haben, in Kreisen vor sich gehen müssen, aus Ursache, weil der Kreis die vollkommenste aller krummen Linien, und daher allein dem großen Urheber der Natur angemessen ist. Diese zwei teleologischen, auf nichts gegründeten Meinungen wurden allgemein als unumstößlich, ja sogar, durch eine sonderbare Verwirrung der Begriffe, als unangreifbar angenommen, und sie waren es, die uns Jahrtausende hindurch die Wahrheit verschleiert, und die richtige Erkenntniß der Einrichtung der Natur ganz unmöglich gemacht haben.

§. 102. (Ptolemäisches Planetensystem.) Indessen drängten sich jene Erscheinungen der Planeten dem aufmerksamen Beobachter auf, und eine Erklärung derselben mußte versucht werden. Ptolemäus, der um die Mitte des zweiten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung in der berühmten Schule von Alexandrien lebte, war, so viel wir wissen, der erste, der sich an dieses Problem gewagt hat. Er gab seine Auflösung in dem Werke: μεγαλη συνταξις, das bei uns unter der arabischen Benennung des Almagests bekannter ist. Nach ihm steht die Erde in dem Mittelpunkte von eilf concentrischen Kreisen oder Sphären still, und die Planeten bewegen sich in der Peripherie dieser Kreise so, daß in dem ersten, kleinsten, oder der Erde nächsten Kreise der Mond einhergeht, während in den sechs folgenden immer weitern Kreisen sich Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn bewegen; Uranus und die vier neuen Planeten kannte er noch nicht, konnte sie also auch in sein sogenanntes System nicht aufnehmen. Ueber dem Kreise Saturns, der die siebente Sphäre bildet, nahm er eine achte an, in welcher alle Fixsterne sich bewegen sollten. Eine neunte und zehnte gebrauchte er, um die Phänomene der Präcession, von welchen wir weiter unten sprechen werden, zu erklären, und eine eilfte Sphäre endlich, die unter dem Namen des Primum mobile alle andern umschloß, hatte den Auftrag erhalten, alle zehn innere Sphären, in welchen jeder der genannten Himmelskörper, vermöge seiner ihm eigenthümlichen jährlichen Bewegung gen Ost ging, gemeinschaftlich in jedem Tage von Ost nach West um die ruhende Erde zu führen. Indem diesem allgemeinen Impulse auch die vierte Sphäre, in welcher die Sonne sich bewegte, gehorchte, entstand der Tag und die Nacht, und um eben so auch die Entstehung der Jahreszeiten nicht unerklärt zu lassen, ertheilte er dieser Sonne in ihrer Sphäre noch eine eigene jährliche, schraubenförmige Bewegung, wodurch sie sich in mannigfaltigen Windungen während der einen Hälfte des Jahres von dem Aequator der Erde entfernen, und in der andern sich ihm wieder nähern sollte.

§. 103. (Fehler dieses Systems.) Diese Anordnung unserer Sonnenwelt wird das Ptolemäische Planetensystem genannt. Es wird aber nicht angemessen seyn, dasselbe hier umständlich zu erläutern, da es für jeden, der das Vorhergehende auch nur mit einiger Aufmerksamkeit gelesen hat, seine Widerlegung selbst mit sich trägt. In der That lassen sich viele der oben angeführten Erscheinungen durch dieses System gar nicht erklären, ja einige stehen sogar mit demselben in geradem Widerspruche. Nach dieser Anordnung müßten wir die zwei untern Planeten, Merkur und Venus, auch zuweilen der Sonne gegenüber oder mit ihr in Opposition (§. 73) sehen, was aber den Beobachtungen zu Folge nie der Fall ist, da wir sie vielmehr immer in der Nähe der Sonne erblicken. Ptolemäus ordnete offenbar die Planeten in seinem Systeme so

Digitized by Google

an, daß er den geschwindesten für den nächsten, und den langsamsten für den entferntesten von der Erde hielt. So kam der Mond, der in 27 Tagen, und Saturn, der erst in 29 Jahren um die Erde geht, an die beiden äußersten Gränzen, und die Sonne, Mars und Jupiter wurden nach dieser Regel leicht zwischen jene eingeschaltet. Aber wo sollten nun Merkur und Venus hingesetzt werden, sie, die bald geschwinder, bald wieder langsamer, als die Sonne gehen? Sie mit Ptolemäus ohne weiteres zwischen die Erde und die Sonne zu setzen, geschieht offenbar ohne hinreichende Ursache, und nur auf Gerathewohl. Ferner ändern sich die scheinbaren Durchmesser der meisten Planeten, also auch ihre Entfernungen von der Erde, so sehr, daß man die letzten unmöglich für den Mittelpunkt der Kreise, in welchen sich die Planeten bewegen, ansehen kann. So ist der scheinbare Durchmesser der Venus zuweilen sieben und der des Mars neunmal größer, als zu anderen Zeiten. Wenn man aber für dieselben Zeiten ihre Entfernungen von der Sonne berechnet, so findet man, daß diese letzte sehr nahe immer dieselbe bleibt, daß also auch die Sonne, und nicht die Erde, der Mittelpunkt ihrer Bewegungen seyn muß. Wie unwahrscheinlich ist es ferner, daß diese kleine Erde so große und so entfernte Himmelskörper, wie z. B. Jupiter oder selbst die Sonne ist, in Kreisen um sich führen soll, und wie viel unwahrscheinlicher ist es noch, daß dieselbe Erde die äußerste oder eilfte Sphäre, und durch diese die Sphären aller anderen Planeten, und selbst die der Fixsterne, in einer so sonderbaren Bewegung, und alle ohne Ausnahme genau in derselben Zeit, täglich um ihren Mittelpunkt bewegen soll. Ptolemäus scheint diesen Ungereimtheiten dadurch begegnen zu wollen, daß er jene Sphären als feste Körper, gleichsam als krystallene Kugelschaalen, annahm, welche den in ihren Oeffnungen angebrachten Planeten mit sich selbst um die Erde wälzen. Aber was sollte man, wenn man auch diesen wunderlichen Einfall annehmen wollte, mit den unzähligen Kometen anfangen, die oft aus viel größeren Entfernungen, als die äußersten Planeten, sich zur Erde oder zur Sonne herablassen, und sich dann, auf ihrem Rückwege, wieder in die ungemessenen Räume des Himmels verlieren? Müßten sie diese krystallene Sphären nicht schon längst in allen ihren Theilen durchlöchert und zertrümmert haben?

§. 104. (Aegyptisches Planetensystem.) Diese und mehrere andere Gründe zeigen die Unzulässigkeit dieses Systems zu deutlich, als daß man ihm noch länger anhängen könnte. Auch fühlten dieß schon die älteren Astronomen, und besonders fiel ihnen die bereits oben angeführte Bemerkung auf, daß man Merkur und Venus nie der Sonne gegenüber sieht, wie man sie doch, bei einer solchen Anordnung derselben, sehen müßte. Sie suchten daher auch die angegebene Ordnung der Planeten dahin abzuändern, daß sie den Mond, die Sonne, Mars, Jupiter und Saturn in immer größeren Kreisen, wie zuvor, um die in ihrem gemeinschaftlichen Mittelpunkte ruhende Erde einhergehen ließen, die beiden unteren Planeten aber in andern kleineren Kreisen, *deren Mittelpunkt aber die Sonne ist*, um dieselbe bewegten. Auf diese Weise entstand das sogenannte Aegyptische System, in welchem die Sonne der Mittelpunkt der Bewegung für die zwei unteren Planeten, die Erde aber für die Sonne sowohl, als auch für alle übrigen Planeten war. Dadurch wurde nun wohl die erwähnte Erscheinung, welche die zwei unteren Planeten darbieten, gerettet, da sie fortan immer nur als Begleiter der Sonne in ihrer Nähe gesehen werden konnten, aber die anderen Einwürfe, welche wir gegen das ganze System aufgestellt haben, bleiben noch immer in ihrer ganzen Stärke, und vor Allem ist die Frage noch

Digitized by Google

nicht einmal berührt, wie man sich denn, bei einer solchen Anordnung, eines sonderbare Vor- und Rückwärtsgehen, und den Stillstand der Planeten erklären solle.

§. 105. (Zwei verschiedene Arten von Ungleichheiten der Planeten.) Diese wichtige Frage beschäftigte die griechischen Astronomen eine Zeit lang, und sie beantworteten sie endlich auch auf eine Weise, die, man muß es gestehen, ihrem Scharfsinne Ehre macht, wenn sie gleich jetzt, wo wir die wahre Antwort bereits kennen gelernt haben, als irrig erklärt, und als einer der vielen Beweise angeführt werden muß, wie weit sich der menschliche Geist, wenn er sich einmal von einer Meinung beherrschen läßt, von der Wahrheit verlieren, und wie sehr er, indem er diese Wahrheit mit dem besten Willen, und mit aller Anstrengung seiner Kräfte zu erreichen strebt, sich immer nur noch tiefer in den Irrthum hineinstudiren kann.

Um aber diese ältere Auflösung unseres Problemes besser zu übersehen, ist es nöthig, voraus zu bemerken, daß die Ungleichheiten, welche man in den Bewegungen der Planeten beobachtete, eigentlich zweierlei Art sind. Die einen sind die bereits erwähnten Ungleichheiten, die sich, wie wir gesehen haben, bloß nach dem Stande der Planeten gegen die Sonne richten, und deren Periode die synodische Revolution der Planeten (§. 98) ist. Man nannte sie die zweite Ungleichheit. Allein außer diesen Anomalien gab es noch andere, die keineswegs in die Periode der synodischen Revolution paßten, sondern die vielmehr mit der siderischen Umlaufszeit (§. 100) zusammen hingen, indem sie immer dann wieder eintraten, wenn der Planet dieselbe Lage, nicht gegen die Sonne, sondern gegen die Fixsterne einnahm. Diese Anomalie, welche sie die erste Ungleichheit nannten, zeigte sich nicht in so auffallenden Veränderungen von Vor- und Rückwärtsgehen, von Schlingen und Stillständen, sondern vorzüglich nur in einer Aenderung der Geschwindigkeit, mit welcher der Planet in seiner Bahn einhergeht. Diese Ungleichheit zeigte sich z. B. selbst bei der Sonne, wo sie von den Alten um so leichter bemerkt werden konnte, da die Sonne keine Ungleichheiten der zweiten Art hatte, und daher jene erste allein, und mit andern Störungen unvermischt zeigte. Man bemerkte nämlich, daß die tägliche Aenderung der Sonne in Länge immer am größten wurde, und 3671 Secunden betrug, wenn die Länge der Sonne selbst nahe 280° hatte, oder wenn sie, im Anfange des Januars, im Sternbilde des Schützen erschien, während sie die kleinste Geschwindigkeit von 3432 Secunden in der Länge von 100° oder im Anfang des Julius hatte, wo sie sich in dem Sternbilde der Zwillinge aufhielt. Noch viel bedeutender waren diese Differenzen bei Merkur, der, wenn er von der Sonne gesehen, in dem östlichen Theile des Widders erschien, 6° 18′ und gegenüber in der Mitte der Wage, nur 2° 44′ täglich in seiner Länge vorrückte, eine Veränderung, die während einer Woche schon 24 Grade betrug, und daher der Aufmerksamkeit der älteren Beobachter nicht entgehen konnte, wenn sie gleich bei diesem Planeten noch mit den Ungleichheiten der zweiten Art vermischt erschien. Eben so fanden sie die Länge des Mondes, so oft er eine bestimmte Stelle unter den Fixsternen einnahm, um sechs Grade anders, als jene, die er vermöge seiner mittlern Bewegung hätte einnehmen sollen, und eben so viel wieder hinter seinem mittlern Orte zurück, wenn er die entgegengesetzte Stelle des Himmels einnahm.

Es wird vielleicht, zur besseren Uebersicht des Folgenden, nicht unangemessen seyn, schon hier die Bemerkung einzuschalten, daß diese erste Ungleichheit daher kömmt, daß die Planeten in der That nicht in Krei-

Digitized by Google

sen, sondern in Ellipsen, sich um die Sonne bewegen, und daß daher ihre Geschwindigkeiten in verschiedenen Punkten dieser Ellipsen auch verschieden seyn müssen. Die zweite Ungleichheit aber hat ihre Ursach darin, daß wir die Planeten von der Erde, also selbst von einem veränderlichen Standpunkte, beobachten. Wir werden weiter unten wieder auf diesen Gegenstand zurückkommen.

Auf diesen Unterschied der zwei Ungleichheiten mußte also bei jeder Erklärung, welche die Alten über die Bewegung der Planeten aufstellen wollten, gehörig Rücksicht genommen werden, ohne sich übrigens von den beiden in §. 101 aufgestellten, und als bereits erwiesen vorausgesetzten Prinzipien, der Ruhe der Erde und der kreisförmigen Gestalt der Planetenbahnen, im geringsten zu entfernen. Sehen wir zu, wie sie dabei zu Werke gegangen sind.

§. 106. (Erklärung der ersten Ungleichheit durch den excentrischen Kreis.) Sey A (Fig. 19) der Mittelpunkt der kreisförmigen Sonnenbahn CC'C'' und AV die Linie der Frühlingsnachtgleichen, von welchen alle Längen in der Richtung C'''C von West gen Ost gezählt werden. Da die Bewegung im Kreise nur gleichförmig seyn kann, so nehmen wir an, daß die Sonne, welche den ganzen Kreis CC'C'' in 365.2504 Tagen zurücklegt, in jedem Tage denselben Bogen Cm = C''m'' beschreibe. Wären nun die Erde im Mittelpunkte A jenes Kreises, so würde sie diese gleichen Bogen auch immer unter den gleichen Winkeln CAm = C''Am'' sehen, was gegen die Beobachtungen ist, da wir, nach dem Vorhergehenden, die Sonne im Winter täglich um einen größern Bogen in Länge vorrücken sehen, als im Sommer. Nehmen wir aber die Erde irgendwo außer dem Mittelpunkte jenes Kreises, z. B. in B an, wo dann wieder die mit AV parallele Linie BV die Linie der Nachtgleichen bezeichnet, so werden, von diesem Punkte B gesehen, die beiden gleichgroßen Bogen Cm und C''m'' unter den verschiedenen Winkeln CBm und C''Bm'' erscheinen, und da der erstere dieser Winkel der kleinere ist, so wird C der Ort der Sonne im Sommer, wo ihre Länge VAC = VBC = 100° ist, und C'' der Ort derselben im Winter seyn, wo ihre Länge VAC'' = VBC'' = 280 Grade beträgt, wenn man nur die Entfernung AB der Erde von dem Mittelpunkte des Kreises so bestimmt, daß jene zwei Winkel CBm = 3432'' und C''Bm'' = 3671'' betragen. Dieß wird aber dann der Fall seyn, wenn man den Punkt B so annimmt, daß C''B = 0.935 CB, oder, was dasselbe ist, daß AB = 0.034 AC wird, oder daß die gesuchte Entfernung AB nahe den dreihundertsten Theil des Halbmessers AC des Sonnenkreises beträgt.

Dieß war auch in der That die Anordnung, durch welche die Griechen die Bewegung der Sonne darstellten. Der Kreis CC'C'', in welchem die Sonne einhergeht, während die Erde außer dem Mittelpunkte dieses Kreises, in dem Punkte B ist, nannten sie den excentrischen Kreis. Nach dieser Darstellung ist also die Sonne im Anfang des Julius in C, wo sie die kleinste Geschwindigkeit, und, wegen ihrer größten Entfernung von der Erde, auch den kleinsten scheinbaren Durchmesser hatte, und im Anfang des Januar in C'', wo sie die größte Geschwindigkeit, und zugleich ihren größten Durchmesser hatte. In dem Halbkreise CC'C'' nahmen Geschwindigkeit und Durchmesser, wie die Sonne der Erde näher kam, allmählig zu, und eben so auch in dem andern Halbkreise C''C'''C nach demselben Gesetze wieder ab. Bald nach C' und kurz vor C''' hatten beide Größen ihren mittlern Werth, und dieß stimmte alles genau genug mit den in jenen Zeiten allerdings noch sehr unvollkommenen Beobachtungen.

Digitized by Google

Ein ähnliches Verfahren beobachteten sie auch bei dem Monde und bei allen übrigen Planeten, um dadurch die oben angeführte erste Ungleichheit derselben darzustellen. Ohne Zweifel wurden sie in der Meinung von der Richtigkeit dieser Hypothese noch dadurch bestärkt, daß durch sie nicht bloß die Veränderung der Geschwindigkeit, sondern auch die des Halbmessers der Planeten ihren Beobachtungen gemäß dargestellt wurden, indem sie voraussetzten, daß diese beiden Aenderungen bloß von der größern oder kleinern Entfernung der Planeten von der Erde kämen. Allein dieß ist keineswegs der Fall, und selbst ihre unvollkommenen Instrumente hätten sie von dem Irrthum ihrer Voraussetzung zurückbringen können, besonders wenn sie damit die so beträchtlichen Aenderungen des Durchmessers des Mondes mit Aufmerksamkeit beobachtet hätten. Bei ihm verhalten sich nämlich die größten und kleinsten Geschwindigkeiten in einer Stunde wie die Zahlen 2302″ und 1767 oder wie 1.303 zu 1. Der größte und kleinste Durchmesser des Mondes aber sind wie 2011″ und 1762 oder wie 1.141 zu 1, da doch diese beiden Verhältnisse, die der Geschwindigkeiten und der Durchmesser einander gleich seyn sollten, wenn ihre Veränderungen, wie die Griechen voraussetzten, bloß von den verschiedenen Entfernungen des Mondes von der Erde herrühren. Sie hätten daher, wenn der kleinste Durchmesser des Mondes 1762″ betrug, den größten gleich 2296″ oder nahe 4¾ Minuten größer sehen sollen, als sie ihn in der That sahen, eine Größe, die auch ihren Instrumenten nicht leicht entgehen konnte. Sie würden dann gesehen haben, daß nicht das Verhältniß der von ihnen beobachteten Mondsdurchmesser, aber wohl das Quadrat dieses Verhältnisses gleich der Zahl 1.303, also gleich dem Verhältnisse der Geschwindigkeiten des Mondes sey, und diese Bemerkung würde sie vielleicht auf die Entdeckung des zweiten Kepler'schen Gesetzes, von dem wir später sprechen werden, und dadurch auf eine ganz andere, und was mehr ist, auf die wahre Theorie der Planetenbewegung geführt haben. Wenn sie also auch durch dieses Verfahren die Längen oder die Geschwindigkeiten der Planeten, den Beobachtungen nahe gemäß, darstellen konnten, so war es doch unmöglich, dadurch auch die Entfernungen derselben von der Erde so, wie die Beobachtungen sie forderten, darzustellen. In der That war auch beinahe alles, was uns die Alten von den Distanzen der Planeten, etwa die des Mondes ausgenommen, überliefert haben, von keinem Werthe, da sie über diesen wichtigen Gegenstand der Astronomie ganz im Dunklen geblieben sind.

§. 107. (Erklärung der zweiten Ungleichheit durch die Epicykel.) Um nun auch die zweite Ungleichheit der Planeten oder ihren Stillstand und Rückgang darzustellen, ohne dadurch weder die Erde in ihrer Ruhe zu stören, noch auch sich von der einmal beliebten Bewegung in Kreisen zu entfernen, nahm man an, daß sich auf der Peripherie CC′ des excentrischen Kreises (§. 106) der Mittelpunkt eines andern Kreises Ca von West gen Ost gleichförmig bewege, während der Mittelpunkt der Planeten in der Peripherie dieses zweiten Kreises ebenfalls von West gen Ost, und ebenfalls gleichförmig einhergeht. Man nannte diesen zweiten Kreis Ca den Epicykel, und den ersten oder den excentrischen Kreis CC′ auch den deferirenden Kreis, weil dieser in der That dem Epicykel zum Leiter diente, oder ihn um die Erde B fortführte.

Man sieht, daß man durch eine solche Anordnung das Vor- und Rückwärtsgehen und das Stillstehen der Planeten im Allgemeinen leicht erklären kann. Denn wenn z. B. das Centrum des Epicykels in C″ und der Planet in seinem entferntesten Punkte a″ von der Erde B ist,

Digitized by Google

so haben beide Punkte C'' und a'' dieselbe directe Bewegung nach dem Punkte m'' hin, und der Planet wird, von der Erde gesehen, die Summe jener beiden Geschwindigkeiten, oder er wird seine größte directe Bewegung haben. Wenn aber der Mittelpunkt des Epicykels nach einer halben Revolution in dem Punkte C und zugleich der Planet in dem der Erde nächsten Punkte a ankömmt, so wird die Bewegung des Punktes C gegen die linke, die des Punktes a aber gegen die rechte Seite gerichtet seyn, oder beide Punkte werden hier eine entgegengesetzte Bewegung haben, und wenn, wie hier vorausgesetzt wird, die Geschwindigkeit des Planeten in der Peripherie seines Epicykels größer ist, als die des Mittelpunkts des Epicykels, so wird der Planet, aus der Erde B gesehen, mit der Differenz jener beiden Geschwindigkeiten sich zu bewegen scheinen, und in diesem Punkte a zugleich seine größte retrograde Bewegung haben. In dem Punkte C'' steht die Richtung der Bewegung des Planeten in seinem Epicykel senkrecht auf die Linie BC'', welche den Mittelpunkt des Epicykels mit der Erde verbindet. Wenn aber C'' im deferirenden Kreise und a'' im Epicykel weiter rechts fortschreitet, wird sich die Richtung der Bewegung des Planeten a'' immer mehr gegen die Erde hin neigen, und daher derjenige Theil der täglichen Bewegung desselben, der von der Bewegung des Planeten in seinen Epicykel kömmt, immer kleiner erscheinen, während die des Mittelpunkts des Epicykels von A gesehen, immer dieselbe bleibt. Auf diese Weise wird der Mittelpunkt des Epicykels in einen Punkt gelangen, wo jener Theil der Bewegung ganz verschwindet, und wo daher der Planet nur mehr mit der constanten Geschwindigkeit des Epicykels, d. h. mit seiner mittleren, noch immer directen Geschwindigkeit fortgehen wird. Nach diesem Punkte wird sich die Richtung der Bewegung des Planeten in seinem Epicykel wieder von der Erde immer mehr und mehr entfernen, oder jener Theil der Bewegung wird rückgängig, die ganze Bewegung jedoch noch immer direct seyn, aber auch zugleich immer kleiner werden, weil jener rückgängige Theil immer wächst, bis er endlich so groß, als die, ihrer Natur nach immer rechtläufige Bewegung des Mittelpunkts des Epicykels wird, und dann wird der Planet für die Erde ganz still zu stehen scheinen. Da von diesem Punkte an die retrograde Geschwindigkeit jenes Theils noch weiter wächst, so wird auch die totale retrograde Geschwindigkeit des Planeten wachsen, bis sie für den Punkt C ihren größten Werth erreicht, wie oben gesagt worden ist. Aehnliche Erscheinungen werden in derselben, nur verkehrten, Ordnung, auch in der zweiten Hälfte CC'C'' der Bahn Statt haben. Verfolgt man auf diese Art den Planeten durch den Lauf einer ganzen Revolution, in einer Zeichnung, so wird man dadurch nicht nur die verschiedenen Geschwindigkeiten desselben, wie sie von der Erde aus erscheinen, sondern auch die Punkte seines Stillstandes, die Bogen seines Rückgangs, und selbst die oben erwähnten Schlingen seiner Bahn leicht und deutlich darstellen können.

§. 108. (Bestimmung der Umlaufszeiten und der Halbmesser dieser beiden Kreise.) Alles wird also nur noch darauf ankommen, die Halbmesser der beiden Kreise, und die Bewegungen der beiden, in ihrer Peripherie laufenden Punkte so einzurichten, daß sie den Beobachtungen, welche man an den Planeten gemacht hat, entsprechen.

Zu diesem Zwecke nahm man an, daß die Umlaufszeit des Planeten in der Peripherie seines Epicykels gleich ist der synodischen Revolution (§. 98) desselben, während die Umlaufszeit des Mittelpunkts des Epicykels in der Peripherie des deferirenden Kreises für die oberen Pla-

Digitized by Google

neten gleich der siderischen Revolution (§. 100) dieser Planeten, und für die zwei unteren Planeten, Merkur und Venus, gleich der siderischen Revolution der Sonne von 365.2564 Tagen, oder gleich unserem Jahre ist, so daß bei diesen letzten Planeten die Länge VBC des Centrums des Epicykels immer gleich der Länge der Sonne ist. Da man ferner bemerkt, daß die oberen Planeten zur Zeit ihrer Conjunction (§. 73) ihre größte directe, und zur Zeit der Opposition ihre größte retrograde Bewegung haben, so versetzte man den Ort des Planeten zur Zeit der Conjunction in den fernsten Punkt a'' und zur Zeit der Opposition in den nächsten Punkt a seines Epicykels. Bei den unteren Planeten endlich, wo es keine Oppositionen, sondern nur zwei Conjunctionen gibt, nannte man diejenige, wo der Planet seine größte rechtläufige Bewegung und seinen kleinsten Durchmesser hat, die obere, und die andere, wo der Planet seine größte rückläufige Bewegung und seinen größten scheinbaren Durchmesser hat (§. 94), die untere Conjunction. Um auch sie mit den Beobachtungen in Uebereinstimmung zu bringen, wurden sie zur Zeit ihrer obern Conjunction in dem fernsten Punkt a'' und zur Zeit ihrer untern Conjunction in dem der Erde nächsten Punkt a ihres Epicykels angenommen.

Noch ist die Bestimmung der Halbmesser dieser beiden Kreise übrig. Ptolemäus scheint sich um die Kenntniß der wahren Entfernungen der Planeten von der Erde oder von der Sonne nicht sehr bemüht zu haben. Auch gibt die aufgestellte epicyklische Hypothese, da sie sich nur mit den Erscheinungen der Planeten beschäftigt, ohne sich um den wahren Ort derselben im Weltraume zu bekümmern, bloß die Verhältnisse, nicht aber die absoluten Größen jener Halbmesser. Man findet, daß für die oberen Planeten der Halbmesser des Epicykels sich zu dem des deferirenden Kreises verhalten müsse, wie die mittlere Entfernung der Erde zur mittleren Entfernung des Planeten (§. 100) von der Sonne, und daß für die untern Planeten das umgekehrte Verhältniß Statt hat. Uebrigens sieht man leicht, daß die Wirkung des excentrischen Kreises auch durch einen zweiten Epicykel erhalten werden könnte, dessen Mittelpunkt auf der Peripherie des ersten Epicykels einhergeht, so daß dann die Erde in dem Mittelpunkte A des deferirenden Kreises angenommen werden kann.

§. 109. (Fehler der epicyklischen Hypothese.) Obschon aber durch diese Hypothese die Erscheinungen, wie sie bei den Planeten Statt haben, wenigstens in Beziehung auf ihre Länge, wenn auch nicht auf ihre Distanzen, durch die unvollkommenen Beobachtungen der Alten genau genug dargestellt wurden, so kann man sie doch nicht für das wahre System der Natur halten. Ja, die Schwierigkeiten, welche diese Anordnung darbot, häuften sich immer mehr, je besser man die Natur selbst durch aufmerksame Beobachtungen kennen lernte. Die Bewegung der beiden unteren Planeten konnte durch jene beiden Kreise auf keine Art genügend dargestellt werden, und der Mond besonders zeigte noch mehrere große Ungleichheiten, die einer epicyklischen Bewegung desselben sogar entgegen liefen. Man versuchte es daher, auf dem Umkreise des Epicykels noch einen anderen, ja noch einen dritten Kreis laufen, und erst in der Peripherie des letzten den Planeten selbst einhergehen zu lassen, ohne aber dadurch der Wahrheit viel näher zu kommen, da durch alle diese Maschinerien höchstens nur die Längen, die Entfernungen aber, oder die scheinbaren Durchmesser der Planeten nicht besser, zuweilen sogar noch schlechter, als zuvor, dargestellt wurden. Nicht minder kläglich, ja meistens gar nicht, wurden dadurch die Bewegungen der Planeten in der

Digitized by Google

Breite berücksichtigt, da zu diesem Zwecke die Epicykeln unter einander und gegen den deferirenden Kreis besondere Neigungen erhalten mußten, wodurch das ganze Gerüste von schief auf einander laufenden Kreisen noch mehr verwickelt wurde. Welch' ein System, das einigen Punkten zwei und drei Epicykeln, andern nur einen, und wieder andern, wie der Sonne, gar keinen anwies, und das alle Planeten in ihrem Lauf um die Erde von der Sonne abhängig machte, die doch auch nichts weiter, als wieder ein Planet seyn sollte! Welche abenteuerliche Kraft ist es, die in dem Mittelpunkte des Epicykels, einem bloß eingebildeten, durch nichts ausgezeichneten Punkte, ihren Sitz hat, und doch den Planeten um sich zu bewegen im Stande ist? Welch' eine sonderbare, äußerst verwickelte krumme Linie ist es, die der in seinem Epicykel einhergehende Planet in der That im Weltraume beschreibt? Und dieser verworrenen Linie voll Knoten und Schlingen ungeachtet, soll derselbe Planet doch täglich einmal mit allen Fixsternen in derselben Zeit um die Erde laufen? — Darf man sich noch verwundern, daß die Alten, vor der Complication aller dieser so wunderbar in einander verschlungenen Bewegungen selbst zurückschreckend, endlich auf den Einfall geriethen, jedem Planeten eine höhere Intelligenz — einen geistigen Führer — zuzuordnen, der sie, damit sie sich auf ihren labyrinthischen Bahnen nicht verirren, mit unsichtbarer Hand durch die Himmel steuern mußte? Und sie kannten nur die größeren Ungleichheiten dieser Himmelskörper, die wenigstens ganze Grade betrugen, und denen sie auf diese Weise entgegen kommen wollten. Was würden sie gethan haben, wenn sie auch die unzähligen kleineren Anomalien, die unsere genaueren Instrumente kennen gelehrt haben, wenn sie die Aberration, die Nutation, die Präcession, und die tausend kleineren Perturbationen, welche die Planeten unter einander bewirken, auf dieselbe Weise hätten darstellen wollen! Welche unübersehbare Anhäufung von Epicykeln würden wir nöthig haben, um nur diejenigen Ungleichheiten, die über eine Minute geben, dadurch auszudrücken! Wahrlich, unsere Astronomie würde unter dieser Masse von Gerüsten eben so erdrückt werden, wie unsere Chemie, die, schon so lange auf ihren Copernicus und Kepler wartend, unter der Masse von neuen Erden und Metallen, und unter einem zahllosen Heere von Namen darnieder liegt, die nur die Standorte, von welchen Alles einfach erscheint, unzugänglich, und alle Uebersicht des Ganzen, so wie alle gegenseitige Verständlichkeit, beinahe unmöglich machen. Ohne Zweifel ist dieses epicyklische System eines der scharfsinnigsten, aber auch der künstlichsten und verworrensten, das der menschliche Geist je ausgedacht hat, ein Gewebe von Spitzfindigkeit und Verblendung, wie nur je eines in der Metaphysik von unsern neueren, rabulistischen Naturphilosophen ausgebrütet worden ist, und dessen sich die sonst so nüchternen Astronomen eigentlich schämen sollten. Auch regte sich zuweilen die Kraft der Wahrheit gegen diese unnatürliche Hypothese, aber ihre Stimme war zu schwach, ja sie durfte am Ende gar nicht mehr gehört werden, als sich nach Jahrtausenden der Irrthum aller bessern Köpfe bemächtigt, und sich sogar eine Art von Unverletzlichkeit, von Sanction höherer Art zu verschaffen gewußt hatte.

§. 110. (Copernicus.) Dieß war der Zustand des erhabensten Theiles der Naturlehre von den ältesten Zeiten, die wir kennen, bis zur Mitte des sechszehnten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung, bis zu Copernicus, der der Erste es unternahm, jener so lange und so schnöde verkannten Wahrheit wieder ihr heiliges Recht zu verschaffen. Zwar fehlte es schon unter den älteren Griechen nicht an Männern, die freien

Digitized by Google

Blicks, und ungefesselt von den verjährten Vorurtheilen der Menge, diese Wahrheit erkannten. So erzählt Plutarch (De placitis philosoph. Lib. III.), daß Philolaus von Crotona, der gegen das Jahr 450 vor Christo lebte, die Bewegung der Erde um die Sonne angenommen habe, und eben so soll Nicetas, der bald nach Philolaus in Syracus lehrte, wie Cicero sagt (Acad. Quaest. Lib. IV.), durch die tägliche Bewegung der Erde um ihre Are die bloß scheinbare tägliche Bewegung aller übrigen Gestirne von Ost gegen West erklärt haben. Aber jene Philosophen sagten dieß nur, wie sie so vieles Andere sagten, ohne es zu beweisen, und ohne die glückliche Idee weiter zu verfolgen, daher sie mit ihr auch keinen Eingang fanden, wohl aber Mißachtung, und später sogar Verfolgung dafür erleiden mußten. Copernicus jedoch pflegte eben diese Idee in seinem Geiste mit unermüdlicher Sorgfalt durch sein ganzes, langes, siebenzigjähriges Leben, und nicht zufrieden, sie in seinem Werke (De revolutionibus orbium coelestium, Norimb. 1543), das kurz vor seinem Tode erschien, mit aller Vorliebe, die er für sie gefaßt hatte, auszubilden, suchte er sie auch durch Vergleichungen mit dem Himmel, durch unmittelbare Beobachtungen zu beweisen, und sie so, nicht wie jene, als einen philosophischen Satz, als einen Gegenstand für inhaltsleere metaphysische Diatriben, sondern als eine mathematische, durch Rechnung und Beobachtung erwiesene Wahrheit, als ein Factum darzustellen, an dem zu zweifeln, fortan nur Denjenigen erlaubt seyn konnte, die von der Sache selbst nichts verstanden. Wo jene Philosophen des Alterthums sagten, es könnte wohl so seyn, da sagte Copernicus: es muß so seyn, und zeigte zugleich die Gründe dieser Nothwendigkeit. Auch gehörte eine seltene Kraft und selbst ein hoher Muth dazu, der allgemeinen, seit Jahrtausenden herrschenden Meinung kühn entgegen zu treten, und sich den Gefahren auszusetzen, oder sie geschickt zu umgehen, denen ein Jahrhundert später sein großer Nachfolger, Galilei, auf derselben Bahn unterlegen ist. Daher Kepler, in Beziehung auf diese Vorurtheile, die Copernicus zu bekämpfen hatte, von ihm sagte: Vir fuit maximi ingenii, et, quod in hoc exercitio magni momenti est, animo liber.

§. 111. (Copernicanisches Planetensystem.) Nach seinem Systeme also ruht die Sonne in der Mitte der Planetenwelt, und um sie bewegen sich in immer größeren concentrischen Kreisen, deren Halbmesser und Umlaufszeiten bereits oben (§. 100) gegeben wurden, zunächst Merkur, dann Venus, die Erde, Mars, Jupiter und Saturn, — denn die fünf übrigen Planeten waren ihm (nach §. 92) noch unbekannt. Die Bewegungen aller dieser Planeten um die Sonne gehen sämmtlich in der Richtung von West gen Ost, während zugleich die Erde, von dem in 27 Tagen sich um sie bewegenden Mond begleitet, in derselben Richtung sich täglich um ihre gegen die Ekliptik oder gegen die Ebene der jährlichen Bahn der Erde schief gestellte Are dreht, und dadurch die Abwechslung des Tags und der Nacht sowohl, als auch die der Jahreszeiten erzeugt, wie wir bereits oben (Kapitel VII.) gesehen haben.

§. 112. (Erklärung der Erscheinungen durch dieses System.) Diese Darstellung ist so einfach, daß sie nur gehört zu werden braucht, um auch sogleich verstanden zu werden, und daß sie daher auch, zu ihrer weitern Erläuterung, keiner eigenen Zeichnung bedürfen wird. Sehen wir dafür, ob sich durch sie jene sonderbaren Bewegungen der Planeten, die den Alten so viele Mühe machten, eben so leicht erklären lassen.

Sey S (Fig. 20) der Mittelpunkt der Sonne, und zugleich der Mittelpunkt der beiden Kreise I, II, III.. und 1, 2, 3.. in deren erstem sich die Erde, und in dem zweiten irgend ein oberer Planet um die

Digitized by Google

Sonne gleichförmig gegen Osten, und so bewegen soll, daß für dieselben Augenblicke, wo die Erde in dem Punkte I, oder II.. ist, der Planet den Punkt 1 oder 2.. seiner Bahn einnehme. Wenn die Erde bald nach der Conjunction des Planeten mit der Sonne in I ist, so sieht sie den Planeten 1 in der Sphäre des Himmels bei dem Punkte 1', und die scheinbare directe Bewegung des Planeten erscheint hier, nahe bei der Conjunction, sehr groß, weil sie die Summe der zwei wahren Bewegungen des Planeten und der Erde ist, von denen jene gegen die linke, diese aber gegen die rechte Seite gerichtet ist, so daß also hier die Bewegung des Planeten durch die ganze Bewegung der Erde vergrößert erscheint. Kömmt in einiger Zeit darauf die Erde nach II und der Planet in seiner Bahn nach 2, oder in die erste Quadratur, so daß der Winkel S II 2 ein rechter wird, so sind jetzt die Richtungen der beiden wahren Bewegungen, der Erde und des Planeten, nicht mehr einander gerade entgegengesetzt, wie in der Conjunction; der Winkel, welchen sie unter einander bilden, ist vielmehr jetzt zu einem rechten Winkel geworden. Die Richtung der Erde geht jetzt gerade auf den Planeten zu, und die scheinbare Bewegung des Planeten wird jetzt durch die wahre der Erde weder vergrößert noch verkleinert, oder die scheinbare, noch immer directe Bewegung des Planeten wird hier gleich seiner wahren seyn, und der Planet 2 wird, von der Erde gesehen, am Himmel in dem Punkte 2', viel weiter gen Ost, als in der Conjunction, erscheinen.

Nach der Quadratur aber fängt die Bewegung der Erde an, sich immer mehr gegen die linke Seite oder nach Ost zu krümmen; die Richtung ihrer Bewegung kömmt derjenigen des Planeten immer näher; sie gehen beide in der That immer mehr nach einer Seite, und die scheinbare Bewegung des Planeten wird also jetzt durch die Bewegung der Erde immer mehr verkleinert werden. Zur Zeit der Opposition, wo die Erde in III und der Planet in 3, der Sonne gegenüber, ist, werden die beiden wahren Bewegungen genau nach derselben Seite, beide senkrecht auf die Gesichtslinie S III 3 und gegen Osten gerichtet seyn. Hier wird also auch die scheinbare Bewegung des Planeten genau gleich der Differenz der beiden wahren Bewegungen seyn, und da die wahre Bewegung der Erde, als des der Sonne nähern Planeten, größer ist, als die des Planeten, so wird hier die scheinbare Bewegung des Planeten retrograd, und zwar am schnellsten retrograd seyn, daher auch der Planet von der Erde gesehen, in 3', stark westlich hinter 2' zurückgerückt erscheint. Es muß daher irgendwo zwischen II und III, zwischen der ersten Quadratur und der Opposition, einen Augenblick gegeben haben, wo die beiden, nach derselben Seite gerichteten wahren Bewegungen der Erde und des Planeten gleich groß waren, und dieß war der Augenblick des Stillstandes, wo der Planet, von der Erde gesehen, sich am Himmel gar nicht zu bewegen scheint.

Nach der Opposition fängt die Bewegung der Erde an, sich wieder allmählig von der des Planeten weg zu krümmen, wodurch die scheinbare retrograde Bewegung des Planeten immer mehr verringert wird, bis endlich wieder beide wahre Bewegungen einander aufheben, und der Planet, von der Erde gesehen, zum zweitenmale stille steht. Von da wird seine scheinbare Bewegung wieder direct, und immer größer. Zur Zeit der zweiten Quadratur, wo die Erde in IV und der Planet in 4 ist, erscheint der letzte in 4' etwas weiter gegen Ost vorgerückt, und hier ist wieder, wie in der ersten Quadratur, seine scheinbare Bewegung gleich der wahren, weil die der Erde, die gerade auf den Planeten gerichtet ist, keinen Einfluß auf sie äußern kann. Nach dieser Quadratur wächst

Digitized by Google

die directe scheinbare Bewegung noch mehr, daher er auch, wenn die Erde in V und der Planet in 5 ist, noch weiter gen Ost in 5′ vorgerückt erscheint, bis er endlich wieder, wenn die Erde in der Mitte der von dem Planeten abgewendeten Hälfte ihrer Bahn oder in Conjunction ist, die größte scheinbare directe Bewegung erhält, und von da eine zweite, der eben angeführten ganz ähnliche, Periode seiner Bewegungen beginnt.

Es wird kaum nothwendig seyn, dieselbe Erläuterung auch für die unteren Planeten zu wiederholen. Man wird sehr leicht die hier vorkommenden Erscheinungen durch zwei ähnliche concentrische Kreise darstellen, von welchen der äußere die Bahn der Erde, und der kleinere, innere, die des Planeten bezeichnet. Zur Zeit ihrer obern Conjunction (§. 108), wo die Sonne zwischen ihnen und der Erde ist, sind die wahren Bewegungen des Planeten und der Erde nach entgegengesetzten Seiten gerichtet, daher hier die von der Erde gesehene oder scheinbare Bewegung direct und am größten ist. Nach der obern Conjunction neigt sich die Richtung der wahren Bewegung des Planeten immer mehr gegen die Erde hin, oder seine scheinbare directe Bewegung wird langsamer. Zur Zeit der größten östlichen Digression geht die Richtung seiner Bewegung, oder die Tangente seiner Bahn, gerade auf die Erde zu, und er scheint deßhalb nunmehr eben so viel auf die linke Seite zu rücken, als die Erde in ihrer Bahn rechts rückt. Nach diesem Momente entfernt sich die Tangente seiner Bahn auf der andern oder westlichen Seite immer mehr von der Erde, und es muß daher eine Stelle geben, wo seine Bewegung nach der rechten Seite genau mit jener der Erde, die ihn scheinbar nach der linken Seite vorrückt, übereinkömmt, und in dieser Stelle wird daher der Planet seinen Stillstand haben. Von da an wird seine scheinbare Bewegung rückgängig seyn, da die wahren Bewegungen des Planeten und der Erde, beide nach der rechten Seite gerichtet sind, und da die des ersteren, als des der Sonne näheren Körpers, auch zugleich die größere ist. In der unteren Conjunction endlich sind beide nach der rechten Seite gehenden Richtungen der wahren Bewegungen einander genau parallel, daher hier die scheinbare, rückgängige Bewegung des Planeten ihren größten Werth haben wird. Nach der untern Conjunction erneuern sich, in der andern Hälfte der Bahn, dieselben Erscheinungen in umgekehrter Zeitfolge, bis der Planet wieder seine obere Zusammenkunft mit der Sonne erreicht.

§. 113. (Vorzüge dieses Systems.) Alles dieß harmonirt mit den oben (§. 94, 95) erwähnten, und durch unmittelbare Beobachtungen gegebenen Phänomenen auf das Genaueste. Wenn man den beiden concentrischen Kreisen die in §. 100 angewiesenen Halbmesser gibt, und in der Peripherie derselben die Orte des Planeten und der Erde nach den ebendaselbst mitgetheilten Umlaufszeiten bezeichnet, so findet man dadurch die Orte des Stillstandes und die Bogen des Rückgangs derselben genau an deren Stelle, und genau von der Größe, welche ihnen diese Beobachtungen anweisen. Man sieht in einer solchen Zeichnung gleichsam auf den ersten Blick, warum die untern Planeten immer in der Nähe der Sonne sich aufhalten, und warum die Durchmesser der obern Planeten in der Opposition, und die der untern in der untern Conjunction am größten erscheinen, weil sie da zugleich in ihrer geringsten Entfernung von der Erde stehen. Eben so stimmt diese Erklärung mit den Lichtphasen, die wir an den beiden untern Planeten beobachten, und die ganz den Abwechslungen der Lichtgestalten ähnlich sind, welche man an dem Monde bemerkt. Ueberhaupt werden durch diese Anordnung alle jene so

Digitized by Google

auffallenden Sonderbarkeiten der planetarischen Bewegungen, alle jene Veränderungen, der Größe sowohl als der Richtung ihrer Geschwindigkeiten, und der durch sie erzeugten Knoten und Schlingen ihrer scheinbaren Bahnen, auf die natürlichste und einfachste Art erklärt. Die Planeten, sammt der Erde, haben alle eine directe Bewegung in Kreisen, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt die Sonne ist. Dieses ist die Thatsache, und alles übrige ist bloß Schein und Täuschung, die aus der Bewegung der Erde entsteht. Das Ptolemäische System ist aus unförmlichen Stücken zusammengetragen und äußerst zusammengesetzt, während das Copernicanische im höchsten Grade einfach und symmetrisch erscheint, so, daß man es gleichsam nur zu kennen braucht, um es auch sofort schon für das einzig wahre zu erkennen. In jenem wuchsen die Schwierigkeiten mit der Schärfe der Beobachtungen, während in diesem jede neue Beobachtung, jede neue Entdeckung auch zugleich eine neue Bestätigung der Wahrheit desselben ist, wie es denn z. B. durch die Entdeckung der Aberration des Lichtes Tausende von Sternen als Zeugen dieser seiner innern Wahrheit erhalten hat. Auch gewann die Wissenschaft, seit der Begründung jenes Systems, eine ganz neue Gestalt, und fand sich jetzt erst in den Stand gesetzt, ihrer Vollendung mit großen Schritten entgegen zu eilen. Denn, so lange die Erde stille stand, mußte auch die Astronomie selbst stille stehen, und keine der großen Erscheinungen, die uns der Himmel darbietet, konnte erklärt werden, so lange wir den Standpunkt, aus welchem wir sie betrachten, und die Veränderlichkeit dieses Standpunktes nicht anzugeben wußten. Nun aber war plötzlich die so lange verschlossene Bahn geöffnet, und wo sonst nichts als Finsterniß war, verbreitete sich schnell das helle Licht der Wahrheit. Seit jener für immerwährende Zeiten denkwürdigen Epoche, erzeugte eine Kenntniß, eine Entdeckung die andere, in stätem Fortgange bis auf unsere Tage; denn das ist das unterscheidende Kennzeichen der Wahrheit, daß sie nie allein und unfruchtbar da steht, sondern wie ein Lichtstrahl die ganze Gegend um sich erleuchtet, und andere Wahrheiten oft in ganzen Reihen als ihr Gefolge mit sich führt. Die neue Gestalt, welche die Wissenschaft durch jene Entdeckung erhalten hat, ist nicht eine von den vorübergehenden, die mit jedem Jahrhundert wechselt, und die vielleicht durch künftige Beobachtungen verdrängt, durch andere, höhere Entdeckungen wieder verdunkelt zu werden fürchten darf: sie ist eine für alle Folgezeiten bleibende Gestalt, die durch jede neue Beobachtung auch eine neue Bestätigung ihrer Wahrheit erhalten wird, und an deren innerer Richtigkeit zu zweifeln fortan keinem Vernünftigen mehr erlaubt seyn kann, da es wohl unter allen unsern sogenannten menschlichen Wahrheiten kaum eine einzige geben mag, die so oft und so sorgfältig geprüft, die so von allen Seiten und seit beinahe drei vollen Jahrhunderten durch so viele Tausende von Beobachtungen bestätigt wäre, als eben sie.

§. 114. (Heliocentrischer und geocentrischer Ort der Planeten.) Da also die Bewegung der Planeten, die, aus dem veränderlichen Standpunkt der Erde betrachtet, so äußerst verwickelt erscheint, aus dem wahren Centralpunkte aller Planetenbahnen, aus dem Mittelpunkte der Sonne, so einfach sich darstellt, so wird es, zur nähern Kenntniß dieser Bewegungen, sehr angemessen seyn, eine Methode zu suchen, durch welche man den von der Erde gesehenen, oder den durch unmittelbare Beobachtungen gegebenen geocentrischen Ort des Planeten in den von der Sonne gesehenen oder in den heliocentrischen Ort desselben verwandeln kann. Sey also S (Fig. 8) die Sonne, T die Erde und P der Planet. Zieht man durch T die Linie TA parallel mit der Linie SY, die durch die

Digitized by Google

Sonne und durch den Punkt der Frühlingsnachtgleiche geht, so wird, wegen der hier als unendlich weit vorausgesetzten Entfernung der Fixsterne, ϒST die heliocentrische Länge der Erde, ϒSP die heliocentrische Länge des Planeten, und ATP die geocentrische Länge des Planeten seyn. Zieht man endlich noch durch S die Linie SB parallel mit TP, so wird auch der Winkel ϒSB = ATP die geocentrische Länge des Planeten ausdrücken.

Man beschreibe daher mit dem größten Halbmesser, den z. B. die Ebene einer Tafel verträgt, aus dem Mittelpunkte S einen Kreis ϒ♋♎♑, der die in Grade getheilte Ekliptik an der von der Sonne oder von der Erde unendlich weit entfernten Fläche des Himmels vorstellt. Aus demselben Mittelpunkte S beschreibe man mit dem im §. 100 nach irgend einem Maßstabe genommenen Halbmesser die Bahn aTb der Erde und die PB des Planeten. Nehmen wir nun an, daß man für irgend eine Zeit, für welche der heliocentrische Ort ϒST der Erde, z. B. von 30 Graden, gegeben ist, durch eine unmittelbare Beobachtung die geocentrische Länge ATP des Planeten, die etwa 63 Grade betragen mag, kennen gelernt habe. Sucht man dann die heliocentrische Länge des Planeten für dieselbe Zeit, so hat man an der Linie ϒS, in dem Punkte S, die gerade Linie SB unter dem Winkel ϒSB = 63° zu ziehen, und mit dieser Linie eine zweite durch T parallel, alsdann wird diese zweite Linie die kreisförmige Bahn des Planeten in irgend einem Punkte P schneiden, und dieser Punkt P wird der gesuchte Ort des Planeten in seiner Bahn seyn. Zieht man daher die Linie PS, so wird der Winkel ϒSP, hier nahe gleich 50 Grade, die gesuchte heliocentrische Länge des Planeten seyn.

Ist aber umgekehrt für irgend eine Zeit die heliocentrische Länge der Erde 30°, und die heliocentrische Länge des Planeten 50° gegeben, so kennt man dadurch die Lage der zwei Punkte T und P in den Bahnen dieser beiden Planeten. Verbindet man sie durch die gerade Linie TP, und zieht man mit ihr durch S die gerade SP, welche den äußersten Kreis der Zeichnung in dem Punkte 63° trifft, so erhellt, daß die gesuchte geocentrische Länge des Planeten 63 Grade beträgt. Durch dieses Verfahren erhält man auch zugleich die Größe der Linie TP oder die Entfernung des Planeten von der Erde.

Man kann noch bemerken, daß in dem Dreiecke STP der Winkel TSP an der Sonne, oder die Commutation, gleich ist der heliocentrischen Länge des Planeten, weniger der heliocentrischen Länge der Erde, der Winkel SPT an den Planeten aber, oder die jährliche Parallaxe, ist gleich der geocentrischen Länge, weniger der heliocentrischen Länge des Planeten, und endlich der Winkel STP an der Erde, oder die Elongation, ist gleich 180°, mehr der heliocentrischen Länge der Erde, weniger der geocentrischen Länge des Planeten.

Da man von der Erde aus die Sonne immer an einem Punkte des Himmels sieht, der jenem Punkte gerade gegenüber liegt, an welchem man von der Sonne aus die Erde am Himmel sehen würde, und da beide Punkte immer in der Ebene der Ekliptik liegen, so ist die geocentrische Breite der Sonne (Einl. §. 22), so wie die heliocentrische Breite der Erde immer gleich Null, und die heliocentrische Länge der Erde immer gleich 180° mehr der geocentrischen Länge der Sonne; die heliocentrische Declination der Erde aber ist immer gleich der geocentrischen Declination der Sonne, aber südlich, wenn jene nördlich ist, und umgekehrt, so daß z. B. der geocentrischen nördlichen Declination der Sonne von

Digitized by Google

20 Graden die heliocentrische südliche Declination der Erde von 2[illegible] Graden entspricht.

§. 115. (Theorie der Planeten in ihrer größten Einfachheit.) Die Auflösung dieser beiden Aufgaben, besonders die der ersten, bildet ein Hauptgeschäft des practischen Astronomen, dem es vorzüglich darum zu thun ist, die Bewegung der Planeten um die Sonne, durch fortgesetzte Beobachtungen, mit der größten Genauigkeit kennen zu lernen. Indem er nämlich aus der, durch seine Beobachtung unmittelbar erhaltenen, geocentrischen Länge des Planeten die heliocentrische Länge desselben ableitet, und diese letzte mit der durch die Theorie erhaltenen, heliocentrischen Länge des Planeten vergleicht, findet er unmittelbar den Fehler, den diese Theorie etwa noch unterworfen ist, und ist daher im Stande, diesen Fehler zu verbessern.

Welches ist aber diese Theorie der heliocentrischen Bewegung, mit welcher man die beobachteten geocentrischen Längen vergleichen soll?

Wenn wir die heliocentrischen Bewegungen aus dem einfachen Gesichtspunkte betrachten, aus welchem wir sie bisher betrachtet haben, so besteht diese ganze Theorie in einer sehr leichten und kurzen Rechnung. Wenn nämlich die Planeten alle in der That, wie wir bisher vorausgesetzt haben, um die Sonne concentrische Kreise beschreiben, deren Ebenen mit der der Ekliptik zusammenfallen, so braucht man, da in jedem Kreise die Bewegung nicht anders als gleichförmig seyn kann, nur die Geschwindigkeit des Planeten und einen einzigen Punkt seiner Bahn zu kennen, den er, für eine gegebene Zeit, von der Sonne gesehen, eingenommen hat, um daraus sofort, mittels einer einfachen Addition oder Subtraction, den heliocentrischen Ort des Planeten für jede andere Zeit abzuleiten. Wäre z. B. die heliocentrische Länge eines Planeten am 1. Januar Mittags in Wien gleich 10 Grade, und betrüge seine tägliche Bewegung einen Grad, so wird seine heliocentrische Länge am 20. Mai, oder am 140sten Tage, gleich 10 + 140 = 150 Grade, und am 20. September, oder am 263sten Tage, gleich 10 + 263 = 273 Grade betragen, und so fort für jeden andern Tag.

Diese sogenannte Theorie der Planeten hängt also, in ihrer größten Einfachheit, bloß von zwei Dingen ab: erstens von der Kenntniß einer heliocentrischen Länge desselben für eine gegebene Zeit, welche Länge man die Epoche des Planeten nennt, und zweitens von der Kenntniß seiner Umlaufszeit um die Sonne, aus welcher man dann leicht die tägliche oder stündliche Bewegung desselben finden kann. Diese zwei Elemente jeder Planetenbahn sind es also, die man durch die oben erwähnten Beobachtungen mit der größten Genauigkeit bestimmen soll.

§. 116. (Epoche und mittlere Bewegung der Planeten.) Die Revolutionen der Planeten sind bereits oben (§. 100) gegeben worden, und wenn man die Zahl 360 durch sie dividirt, so erhält man die tägliche Bewegung der Planeten in heliocentrischer Länge in Graden ausgedrückt. Allein man muß bemerken, daß jene Revolutionen siderische sind, oder daß sie die Umlaufszeit der Planeten um die Sonne in Beziehung auf einen Fixstern, oder auf irgend einen festen Punkt des Himmels, ausdrücken. Hier aber handelt es sich um die heliocentrischen Längen, die alle von dem Nachtgleichenpunkte gezählt werden, und da dieser Nachtgleichenpunkt, wie wir später sehen werden, sich selbst, obgleich sehr langsam, nämlich in jedem Jahre um 50″.2113 oder um 0°.01394, von Ost gegen West bewegt, so werden die Umlaufszeiten, in Beziehung auf diesen Punkt, oder, wie man sie nennt, die tropischen Umlaufszeiten der Planeten, sämmtlich etwas kleiner ausfallen, als die siderischen.

Digitized by Google

Dieser Unterschied beträgt bei der Venus nur 0.0053, bei der Erde 0.0142, bei Mars 0.0499 und bei Uranus schon 99.3554 Tage. Die folgende Tafel enthält die Epochen der ältern Planeten für den Mittag des 1. Januar 1832 in Wien, und die täglichen Aenderungen ihrer heliocentrischen Längen.

Planeten.	Epoche.	Tägliche Aenderung.
Merkur . . .	59°.72	4°.0923S
Venus	151.23	1.60217
Erde	100.10	0.98568
Mars	237.88	0.52407
Jupiter . . .	333.75	0.08313
Saturn . . .	153.84	0.03350
Uranus . . .	311.04	0.01177

Für die vier neuen Planeten hat man folgende Epochen für den 1. Januar 1820 mit ihren täglichen Aenderungen:

	Epoche.	Tägliche Aenderung.
Vesta . . .	278°.50	0°.27120
Juno . . .	200.27	0.22591
Ceres . . .	123.27	0.21414
Pallas . . .	108.42	0.21400

§. 117. (Neigung und Knoten der Planetenbahnen.) Es wird aber gut seyn, schon hier zu bemerken, daß diese Auflösung unseres Problems noch in manchen Beziehungen sehr unvollständig ist. Wir haben, um nur des wichtigsten Mangels desselben zu erwähnen, vorausgesetzt, daß die kreisförmigen Planetenbahnen alle in der Ebene der Ekliptik liegen, was der Wahrheit nicht gemäß ist. Sie liegen zwar in Ebenen, die sämmtlich durch den Mittelpunkt der Sonne gehen, aber diese Ebenen sind, die eine mehr, die andere weniger, gegen die Ebene der Ekliptik geneigt, und diese Neigung wird, wie es für sich klar ist, auch den Ort des Himmels, an welchem man den Planeten, von der Sonne oder von der Erde aus beobachtet, verändern, daher man auch auf sie Rücksicht nehmen muß.

Wir haben bereits oben (§. 100) gesagt, daß man die gerade, durch den Mittelpunkt der Sonne gehende Linie, in welcher die Ebene der Planetenbahn die der Ekliptik schneidet, die Knotenlinie, und den einen Punkt derselben, wo sie, verlängert, die Sphäre des Himmels trifft, den aufsteigenden Knoten der Bahn nennt. Zieht man dann, durch irgend einen Punkt dieser Knotenlinie, zwei auf dieselbe senkrechte Gerade, von welchen die eine in der Ebene der Ekliptik, und

Digitized by Google

die andere in der Ebene der Planetenbahn liegt, so heißt der Winkel, welchen diese beiden Grade mit einander bilden, die Neigung der Planetenbahn. Dieß sind also zwei neue Elemente der Bahn, Neigung und Länge des Knotens, die man ebenfalls kennen oder durch Beobachtungen genau bestimmen muß, um jenes Problem gehörig auflösen zu können.

Die folgende kleine Tafel gibt die Länge des aufsteigenden Knotens der Planetenbahnen (§. 100) und ihrer Neigungen gegen die Ekliptik für den Anfang des Jahrs 1801. Bei der Länge des Knotens ist zugleich die Größe beigefügt, um welche sie in einem Jahrhundert zunimmt. Auch die Neigung ist mit der Folge der Zeit veränderlich, aber diese Veränderungen sind zu gering, um hier weiter berücksichtiget zu werden.

Planeten.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Säculäre Aenderung.	Neigung der Bahn.
Merkur	45°.96	1°.13	7°.02
Venus	74.90	0.38	3.06
Mars	48.00	0.75	1.86
Vesta	102.96	1.39	7.14
Juno	170.86	1.39	13.07
Ceres	80.43	1.39	10.62
Pallas	172.39	1.39	34.58
Jupiter	98.44	0.96	1.31
Saturn	111.94	0.77	2.49
Uranus	73.00	0.39	0.78

§. 118. (Länge des Planeten in der Bahn und in der Ekliptik. Breite und Argument der Breite.) Durch diese Neigungen der Planetenbahnen gegen die Ekliptik werden nun die vorhergehenden Auflösungen unserer Aufgaben etwas geändert. Wir wollen sie daher noch einmal vornehmen.

Zu diesem Zwecke sey wieder S (Fig. 21) die Sonne, T die Erde und p der Planet, der letzte irgendwo außer der Ekliptik, während Sonne und Erde immer in derselben liegen. Die Ebene der Ekliptik schneide erweitert die Fläche des Himmels in dem größten Kreise AKP' und die Ebene der Planetenbahn, die, nach dem Vorhergehenden, immer durch den Mittelpunkt der Sonne S geht, treffe die Himmelsfläche in dem größten Kreise BKp', so daß also der Durchschnittspunkt K beider Kreise der aufsteigende Knoten der Planetenbahn und der Winkel AKB, welchen beide Kreise mit einander bilden, die Neigung dieser Bahn gegen die Ekliptik ist.

Sey der Punkt A der Ekliptik der Frühlingspunkt, von welchem alle Längen in der Richtung AK, oder von West gen Ost, gezählt werden. Man nehme auch auf der Planetenbahn, rückwärts von K, den Bogen KB gleich dem Bogen KA, so wird also dieser Bogen KA oder KB gleich der Länge des aufsteigenden Knotens der Bahn seyn, die durch unsere vorhergehende Tafel für jede gegebene Zeit als bekannt angesehen werden kann. Wir wollen diese Länge des Knotens durch k, und die Neigung der Bahn oder den Winkel AKB oder P'Kp' durch n bezeichnen.

Digitized by Google

Dieß vorausgesetzt, verlängern wir nun die geraden Linien ST und Sp, welche die Sonne mit der Erde und mit den Planeten verbinden, bis sie der Fläche des Himmels, die erste in dem Punkte T', und die zweite in dem Punkte p', begegnen, so wird der Bogen AT' die Länge der Erde in der Ekliptik bezeichnen, und analog mit dieser Bezeichnung wird man den Bogen Bp' die Länge des Planeten in der Bahn nennen. Da aber, der eingeführten Gewohnheit gemäß, alle Längen in der Ekliptik gezählt werden, so werden wir, um uns auch hier diesem Gebrauche zu fügen (nach Einl. §. 22. I.), durch den Mittelpunkt p' des Planetenorts einen größten, auf die Ekliptik senkrechten Kreis oder einen Breitenkreis (Einl. §. 22. II.) p'P' ziehen, der die Ekliptik in P' schneidet, und dann wird, der eingeführten Benennung gemäß, dieser senkrechte Bogen p'P' die Breite des Planeten, und der Bogen AP' der Ekliptik die eigentliche Länge des Planeten seyn, die man auch, zum Unterschiede mit der obigen Länge in der Bahn, die gleich Bp' war, die reducirte Länge oder die Länge des Planeten in der Ekliptik heißt.

Man sieht von selbst, daß die Breite p'P' des Planeten unmittelbar von der Größe des Bogens Kp' der Bahn, der zwischen dem Ort p' des Planeten und zwischen dem aufsteigenden Knoten K enthalten ist, abhängt, daher auch dieser Bogen Kp', das Argument der Breite heißt. Man erhält dieses Argument der Breite, wenn man von der Länge Bp' des Planeten in der Bahn, die man aus der in §. 116 gegebenen Epoche des Planeten findet, die Länge k des Knotens (§. 117.) subtrahirt. — Dieß vorausgesetzt, gehen wir nun wieder zu unseren vorhergehenden Aufgaben zurück.

§. 119. (Theorie der Planeten, mit Rücksicht auf die Neigung ihrer Bahnen.) Um die heliocentrische Länge AP' = l eines Planeten in der Ekliptik und um seine heliocentrische Breite P'p' = b für jede angegebene Zeit zu finden, wird man zuerst die Länge Bp' des Planeten in der Bahn, nach §. 116, und die Länge k des aufsteigenden Knotens, so wie die Neigung der Bahn aus §. 117 suchen. Diese Länge in der Bahn weniger k gibt dann das Argument der Breite Kp', welches wir, der Kürze wegen, u nennen wollen.

Kennt man so die Größe u nebst n und k, so findet man in dem bei P' rechtwinkligen, sphärischen Dreiecke P'Kp' die beiden gesuchten Größen l und b auf folgende Weise.

Der Cosinus (Einl. §. 32) von n, multiplicirt mit der Tangente von u, gibt die Tangente von l — k, also auch den Winkel l — k, und da man k schon kennt, die Größe l selbst. Ebenso gibt der Sinus von n, multiplicirt mit dem Sinus von u, den Sinus von b, also auch diese Größe b selbst.

So findet man z. B. aus den vorhergehenden Tafeln (§. 116) für Saturn am 12. November 1835 im Mittag Wiens die Länge in der Bahn Bp' = 201° 6', und die Länge des Knotens k = 112° 12'. Beider Unterschied gibt das Argument der Breite u = 88° 54'.

Allein wir wollen hier bemerken, daß man dabei noch auf die erste Ungleichheit der Planeten, deren wir §. 106 erwähnt haben, Rücksicht nehmen sollte. Wir werden später sehen, daß diese Ungleichheit für unsern gegenwärtigen Fall 5° 49' beträgt, um welche das Argument der Breite vermehrt werden soll, so daß man also für dieses verbesserte Argument u = 94° 43' hat.

Sucht man nun mit diesem Werthe von u und mit der Neigung n = 2° 29'.5 der Saturnsbahn gegen die Ekliptik, nach den so eben angeführten Ausdrücken, die Größen l und b, so erhält man

Digitized by Google

$$l - k = 94° 43'$$
$$k = 112° 12'$$
$$l = 206° 55' \text{ und } b = + 2° 29'.4$$

Da hier das Argument der Breite so nahe an 90°, oder da der Planet sehr nahe in der Mitte zwischen seinen beiden Knoten steht, so ist $u = Kp'$ von $l - k = KP'$ nur sehr wenig verschieden.

§. 120. (Ableitung des geocentrischen Ortes aus dem heliocentrischen.) Da wir nun die heliocentrische Länge $AP' = l$ in der Ekliptik und Breite $P'p' = b$ des Planeten kennen, so wird es nicht mehr schwer seyn, auch die geocentrische Länge λ und Breite β desselben zu finden. Man könnte sich dazu desselben graphischen Verfahrens bedienen, welches wir schon oben (§. 114.) angewendet haben. Allein da dieses keine große Genauigkeit gewährt, und überdieß hier, wegen der Rücksicht auf die Neigung der Planetenbahn, weniger bequem ist, so wird es besser seyn, auch hier die unmittelbare Rechnung anzuwenden.

Es sey also wieder $L = AST'$ oder AT' die Länge der Erde, und $R = ST$ so wie $r = Sp$ der Halbmesser der Erd- und der Planetenbahn. Man suche zuerst die Größe $r \operatorname{Cos} b$, die wir, der Kürze wegen, r' nennen. Nach §. 114 ist der Winkel TSP an der Sonne oder die Commutation gleich $l - L$, also eine bekannte Größe, die wir C nennen wollen. Sucht man nun die Größe $r' \operatorname{Sin} C$ und dividirt sie durch $r' \operatorname{Cos} C - R$, so erhält man die Tangente von $\lambda - L$, also auch, da L bekannt ist, die gesuchte geocentrische Länge λ des Planeten.

Multiplicirt man dann den Sinus dieses Winkels $\lambda - L$ durch die Tangente der heliocentrischen Breite b, und dividirt man das Produkt durch $\operatorname{Sin} C$, so erhält man sofort auch die Tangente von β oder die geocentrische Breite β des Planeten.

Wenden wir dieß auf unser vorhergehendes Beispiel an, so haben wir für den 12. November 1835 gefunden

hel. Länge Saturns $l = 206° 55'$
hel. Breite . . . . . $b = 2° 29'.4$

Der Halbmesser der Saturnsbahn ist (nach der Tafel des §. 100) gleich $r = 9.538$, während der der Erdbahn $R = 1$ ist. Die Länge der Erde aber, für dieselbe Zeit, ist $L = 49° 22'$. Dieß vorausgesetzt hat man $r' = 9.5298$, $l - L = 157° 33'$ und daher die geocentrische Länge $\lambda = 209° 0'$ und die geocentrische, nördliche Breite des Planeten $\beta = 2° 16'$.

Man könnte nun noch die Frage aufwerfen, wie man, wenn auf diese Weise die Länge und Breite eines Planeten oder eines Gestirns überhaupt bekannt ist, auch die Rectascension und Declination (Einl. §. 22) desselben finden kann. Es ist bereits oben (§. 53) gesagt worden, daß man in der Geometrie eigene Methoden hat, durch welche man, wenn drei Stücke eines sphärischen Dreiecks auf der Oberfläche der Kugel gegeben sind, auch die übrigen drei durch Rechnung finden kann, und daß man die Sammlung dieser Methoden die sphärische Trigonometrie zu nennen pflegt. Bezeichnet aber N und E (Fig. 2) den Pol des Aequators und der Ekliptik und ist S' irgend ein Stern, so hat man in dem sphärischen Dreiecke NES' zwischen diesen drei Punkten den Bogen NE gleich der bekannten Schiefe der Ekliptik, NS' gleich 90° weniger der Declination und ES' gleich 90° weniger der Breite des Sterns (Einl §. 22. II.) Da ferner, wenn V den Frühlingspunkt bezeichnet, die beiden Winkel VEN und VNE jeder gleich 90°, und da $VL' = VES'$ die Länge und $VQ' = VNS'$ die Rectascension des Sterns S' ist, so ist auch in dem Dreiecke NES' der Winkel NES' gleich 90° weniger der Länge,

Digitized by Google

und der Winkel ENS' gleich 90° mehr der Rectascension des Gestirns S'. — Ist also Länge und Breite eines Sterns und die Schiefe der Ekliptik gegeben, so kennt man in dem Dreiecke NES' die zwei Seiten EN und ES' mit ihrem eingeschlossenen Winkel E, und kann daher aus diesen drei Stücken alle übrigen finden, also auch die Declination = 90° weniger NS' und die Rectascension = N weniger 90°. Wäre aber umgekehrt die Rectascension und Declination des Sterns nebst der Schiefe der Ekliptik gegeben, so kennt man die Größen NE, NS' und ENS', also wieder zwei Seiten mit dem eingeschlossenen Winkel, woraus man daher, durch dieselben analytischen Ausdrücke, auch die Länge = 90° — NES' und die Breite = 90° — ES' des Sterns S' finden wird.

§. 121. (Correction der Elemente der Planetenbahnen.) Auf diese Weise also kann man, wenn die Elemente der Planetenbahn bekannt sind, wie man sieht, durch bloße Rechnung für jede gegebene Zeit die geocentrische Länge und Breite eines Planeten finden. Hat man nun in derselben Zeit auch den Planeten in der That beobachtet, so müssen diese beiden Größen, die berechnete und die beobachtete Länge und Breite des Planeten, übereinstimmen, wenn anders die Beobachtung gut, und die der Rechnung zu Grunde liegenden Elemente richtig sind. Gesetzt, man hätte aber die geocentrische Länge $\lambda' = 209° 2'$ und die geocentrische Breite $\beta' = 2° 13'$ beobachtet, also jene um 2' größer, und diese um 3' kleiner, als sie durch die vorhergehende Rechnung erhalten würden, zum Beweise, daß, wenn die Beobachtung gut ist, die Elemente nicht genau richtig seyn können, und daher noch einer weiteren Verbesserung bedürfen. Dieser Elemente sind aber jetzt nicht mehr zwei, wie in §. 115, sondern vier, nämlich I. die Epoche oder die vorausgesetzte Länge des Planeten für irgend eine gegebene Zeit. II. Die Umlaufszeit oder, was dasselbe ist, die tägliche Geschwindigkeit desselben. III. Die Lage der Durchschnittslinie seiner Bahn mit der Ekliptik oder die Länge des Knotens, und endlich IV. die Neigung dieser Bahn gegen die Ekliptik.

Man könnte glauben, daß auch noch der Halbmesser der Planetenbahn als ein neues Element betrachtet werden müsse, da von ihm die Größe des Kreises abhängt, welchen der Planet um die Sonne beschreibt. Allein da durch das bereits oben (§. 58) erwähnte Gesetz Keplers die Halbmesser der Bahnen gegeben sind, sobald die Umlaufszeit n bekannt sind, so ist es, da wir die Umlaufszeiten schon in II. berücksichtiget haben, überflüssig, diese Halbmesser noch besonders zu beachten. Auch muß man bemerken, daß bei jenen Rechnungen die Länge der Erde oder die Größe L einen sehr wesentlichen Einfluß auf das Endresultat derselben hat, da der geringste Fehler in L oft schon einen sehr großen in λ oder β zur Folge haben kann. Allein man setzt voraus, daß der Astronom, ehe er an das schwierige Geschäft der Correction der Planeten-Elemente geht, die Theorie der Sonne durch ähnliche, vorhergegangene Arbeiten, schon so weit vervollkommnet habe, daß er im Stande ist, für jeden Augenblick den Ort der Sonne, oder was dasselbe ist, der Erde, mit aller hier nothwendigen Genauigkeit anzugeben.

Es bleibt ihm sonach nur noch die Frage zu beantworten übrig, wie viel jedes der eben angeführten vier Elemente der Planetenbahn geändert werden müsse, damit nicht nur die eine oben mitgetheilte, sondern damit überhaupt alle über den Planeten angestellte und als gut erkannte Beobachtungen mit der Theorie desselben vollkommen übereinstimmen. — Es würde leicht seyn, irgend eines dieser Elemente so zu ändern, daß dadurch unsere obige Beobachtung genau dargestellt wird. Allein dadurch würde man sich vielleicht wieder desto mehr von den übrigen Beobach-

Digitized by Google

tungen entfernen, die doch, durch jene Elemente, alle gleich gut dargestellt werden sollen. — Es ist hier nicht der Ort, die Leser mit diesem eben so wichtigen als schwierigen Geschäfte der Astronomie näher bekannt zu machen; da es genügt, nur den Weg gezeigt zu haben, auf welchem man diesen Zweck erreichen kann, worauf wir uns hier um so mehr beschränken müssen, da wir noch nicht mit allen Eigenheiten der planetarischen Bewegungen bekannt sind, und da das Copernicanische System, seiner großen, unbestreitbaren Vorzüge ungeachtet, doch noch nicht eigentlich das wahre System der Natur ist, sondern noch einer sehr wichtigen Verbesserung als Zusatz bedarf.

§. 122. (Beobachtung der Distanzen der Planeten.) Wir haben oben (§. 112) bemerkt, daß zur Zeit der größten Digression der untern Planeten die Richtung seiner Bewegung oder die Tangente seiner Bahn nahe gerade auf die Erde zugeht. Dieß gibt ein einfaches Mittel, die Distanz des Planeten von der Sonne zu finden. Hat man nämlich eine solche größte Distanz beobachtet, wo der untere Planet in II (Fig. 20) und die Erde in 2 ist, so ist in dem Dreiecke S II 2 der Winkel an II ein rechter Winkel, und der Winkel an 2 ist unmittelbar durch die Beobachtung gegeben, da er gleich der Differenz der geocentrischen Längen des Planeten und der Sonne ist. Der Sinus dieses Winkels ist daher gleich S II dividirt durch S 2, und dadurch ist also das Verhältniß der Halbmesser der beiden Kreise, also auch der Halbmesser S II der Planetenbahn bekannt, wenn jener der Erde, wie gewöhnlich, für die Einheit genommen wird.

Dasselbe Verfahren läßt sich auch, mit einer geringen Abänderung, auf den Mond anwenden. Zur Zeit seiner Quadraturen, oder in dem Augenblicke des ersten und letzten Viertels, steht die Linie, welche seinen Mittelpunkt mit dem der Sonne verbindet, senkrecht auf derjenigen Geraden, welche durch seinen und durch den Mittelpunkt der Erde geht. Man erkennt diesen Moment daran, daß die Oberfläche des Mondes genau zur Hälfte beleuchtet ist, oder daß die Lichtgränze, welche den dunklen Theil desselben von dem beleuchteten trennt, nämlich seine Lichtgränze, die sonst immer eine convexe oder concave Curve ist, in eine gerade Linie übergeht. Da man nun in diesem Momente den Winkel messen kann, welchen die beiden Gesichtslinien nach dem Monde und nach der Sonne in dem Auge des Beobachters bilden, so ist der Cosinus dieses Winkels gleich der Entfernung des Mondes von der Erde, dividirt durch die Entfernung der Erde von der Sonne. Es ist aber sehr schwer, den Augenblick mit Schärfe zu beobachten, wo jene Lichtgränze des Mondes genau eine gerade Linie, oder wo die untern Planeten in dem Punkte ihrer größten Digression sind, daher auch diese Messung der Distanzen sehr unsicher ist. Indeß verdanken wir doch jener Methode die ersten genäherten Kenntnisse dieser Entfernungen.

§. 123. (Bestimmung der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne.) Wir haben bereits oben (§. 100) ein Mittel angegeben, die siderische Umlaufszeit eines Planeten durch die Beobachtung seiner Durchgänge durch die Knotenlinie zu bestimmen. Da aber diese Umlaufszeiten zu den wichtigsten Elementen der Planetenbahnen gehören, da ihre Beobachtung, mit gehöriger Sorgfalt angestellt, große Sicherheit gewährt, und da endlich auch, nach dem schon öfter angeführten Gesetze Keplers, die so wichtigen Halbmesser der Planetenbahnen unmittelbar durch jene Umlaufszeiten gegeben werden, so wird es nicht unangemessen seyn, noch ein anderes Mittel zur Bestimmung dieser Zeiten hier beizufügen.

Die Durchgänge der Planeten durch die Knoten sind nämlich bei

Digitized by Google

den meisten Planeten nur schwer mit Schärfe zu beobachten, da die Neigungen ihrer Bahnen so klein sind, und daher die Planeten die Ekliptik nur in sehr schiefer Richtung durchschneiden. Auch sind diese Knoten verschiedenen Bewegungen unterworfen, die selbst noch jetzt nicht völlig genau bekannt sind. Aus beiden Ursachen ist jene Bestimmung der Umlaufszeiten noch etwas unverläßlich.

Bemerken wir zuerst, daß die siderischen Revolutionen der Planeten die eigentlichen oder wahren Umlaufszeiten derselben um die Sonne sind, da sie die Zeit bezeichnen, in welcher der Planet wieder zu demselben festen Punkt des Himmels zurück kömmt, in welcher er also in der That volle 360 Grade um die Sonne zurückgelegt hat. Die tropische Revolution im Gegentheile (§. 116) ist die Zeit, in welcher der Planet wieder zur Frühlingsnachtgleiche zurück kömmt, so wie die synodische Revolution (§. 98) die Zeit zwischen zwei nächsten Conjunctionen des Planeten mit der Sonne ist.

Da aber der Frühlingspunkt sowohl, als auch die Sonne selbst, eine eigene Bewegung am Himmel hat, so werden die letztgenannten Revolutionen von der siderischen verschieden seyn. Es gibt jedoch ein sehr leichtes Mittel, sie alle unter einander zu verwandeln. Aus §. 116 weiß man, daß die tägliche, rückgängige, siderische Bewegung des Frühlingspunkts 0°.0000381, und daß die tägliche, directe, tropische Bewegung der Sonne oder der Erde 0°.98568 beträgt. Dividirt man diese Zahlen durch 360, so erhält man 0.000000106 und 0.002738. Ist daher A die siderische Revolution eines Planeten, so erhält man die tropische Revolution desselben, wenn man A durch $1 + 0.000000106\ A$ dividirt. Und ist eben so B die tropische Revolution, so erhält man die synodische, wenn man B durch $1 - 0.002738\ B$ dividirt. So ist z. B. für Mars (nach §. 100) die siderische Revolution 686.9796 Tage, also hat man auch für die tropische Revolution dieses Planeten 686.9297, und für die synodische 779.88 Tage, wie wir auch schon §. 98 gefunden haben.

§. 124. (Beobachtung der synodischen Revolutionen.) Um nun irgend eine dieser Umlaufszeiten durch unmittelbare Beobachtung zu bestimmen, woraus dann alle andern durch Rechnung gefunden werden, wird es nothwendig seyn, zwei heliocentrische Orte des Planeten mit der Zwischenzeit zu kennen, welche, während der Planet von dem einen dieser Orte zu dem andern gekommen, verflossen ist. Es ist klar, daß man dadurch sofort die Umlaufszeit des Planeten erhält. Denn wären z. B. jene beiden heliocentrischen Längen 60° und 210°, und wäre die Zwischenzeit der Beobachtung 100 Tage, so hätte man für die tropische Revolution des Planeten $\frac{360 \times 100}{150} = 240$ Tage. — Allein woher soll man diese heliocentrischen oder von der Sonne gesehenen Orte erhalten, da wir die Planeten nur von der Erde beobachten können?

Zu diesem Zwecke wird man den Planeten zur Zeit seiner Opposition, oder, wenn es ein unterer Planet ist, zur Zeit einer seiner beiden Conjunctionen beobachten. Da in diesen beiden Fällen die von der Erde gesehene Länge des Planeten der von der Sonne gesehenen entweder gleich oder genau 180 Grade von ihr verschieden ist (§. 74), so erhält man dadurch sofort die gesuchten heliocentrischen Längen. Hat man daher zwei nächste Oppositionen des Planeten mit der Sonne beobachtet, so würde die Zwischenzeit beider Beobachtungen auch zugleich die synodische Revolution des Planeten seyn, woraus man dann die tropische und siderische Revolution desselben durch die oben (§. 123) angeführten Rechnungen leicht finden kann.

Digitized by Google

Allein man wird bald erkennen, daß die synodischen Revolutione
welche man auf diese Weise erhält, beträchtlich verschieden sind, wen
man verschiedene Paare von Oppositionen unter sich vergleicht. Die
Differenzen sind zu groß, als daß man sie den Beobachtungsfehlern z
schreiben dürfte, da man in der That die Zeiten und Orte dieser Opp
sitionen mit großer Genauigkeit beobachten kann. Man muß daher vo
aussetzen, daß uns die Bewegungen der Planeten noch nicht vollständ
bekannt sind, daß ihre Geschwindigkeiten vielleicht nicht gleichförmi
oder daß ihre Bahnen um die Sonne vielleicht keine Kreise sind, w
wir doch bisher vorausgesetzt haben. So viel ist indeß doch immer kla
daß die Abweichungen der Planeten von der gleichförmigen Bewegur
in einem Kreise wenigstens nicht groß sind, und daß wir, bei einer e
sten Annäherung, uns diese Voraussetzung wohl erlauben können. D
aber die Bestimmung der Umlaufszeit so wichtig ist, und da sie gleic
sam aller weitern Ausbildung der Planetentheorie vorausgehen muß,
muß man auf Mittel bedacht seyn, diese Umlaufzeiten ganz unabhäng
von einer genauern Kenntniß der übrigen Ungleichheiten zu erhalte
welchen die Bewegungen der Planeten etwa noch unterworfen sey
könnten.

§. 125. (Benutzung der älteren Beobachtungen.) Dazu gibt es ab
keinen besseren Weg, als zwei in der Zeit sehr weit von einander en
fernte Oppositionen zu wählen, um, aus ihnen die wahre synodische R
volution abzuleiten, vorausgesetzt, daß man bereits einen genäherte
Werth derselben kennt. Dann werden nämlich die Fehler, die man en
weder bei den Beobachtungen selbst oder die man dadurch begangen ha
daß man die Bewegung des Planeten vollkommen gleichförmig voraus
gesetzt hat, da sie dieses doch vielleicht nur beinahe sind, durch die gro
Zwischenzeit der beiden Beobachtungen ungemein vermindert, wie w
dieß am besten durch ein Beispiel sehen werden.

Wir haben bereits oben (§. 49 II.) der ältesten Beobachtung, d
auf uns gekommen ist, vom Jahre 1100 vor unserer Zeitrechnung, E
wähnung gethan. Nehmen wir an, es sey uns von demselben Jah
auch die Opposition eines Planeten erhalten worden, die am 20. No
alten Styls 1100 vor Chr. im Augenblicke des Mittags in Peking b
obachtet worden ist. In dem gegenwärtigen Jahre 1834 ist am 22. M
neuen Styls zur Zeit, wo es an diesem Tage wieder in Peking Mitta
ist, eine andere Opposition desselben Planeten irgendwo in Europa beo
achtet worden, und man weiß bereits, daß die synodische Revolutio
dieses Planeten nahe 535 3/4 Tage betrage. Die Zwischenzeit zwischen be
den Beobachtungen beträgt 2933 Jahre und 183 Tage, oder da das Ju
lianische Jahr 365 1/4 Tage hat, und da der neue oder Gregorianisch
Styl in dem gegenwärtigen Jahrhundert um 12 Tage vor dem alte
Style voraus ist, so beträgt jene Zwischenzeit 2933 Jahre und 171 Tag
oder 1071449.25 Tage. Da nun die synodische Revolution dieses Pl
neten nahe 535.75 Tage betragen soll, so sind in dieser Zwischenzeit voll
2000 synodische Revolutionen vorübergegangen, und man wird daher d
wahre Dauer einer solchen Revolution erhalten, wenn man die Za
1071449.25 durch 2000 dividirt. Dieß gibt für die gesuchte wahre syn
dische Revolution 535.724625 Tage. — Nehmen wir nun an, die ers
jener beiden Beobachtungen wäre fehlerhaft, und volle 6 Stunden z
spät beobachtet worden, so würde die wahre Zwischenzeit zwischen beide
Beobachtungen ebenfalls um 6 Stunden größer, und daher gleich 1071449.
Tage gewesen seyn. Dividirt man auch diese Zahl wieder durch die Z
zahl der Revolution oder durch 2000, so erhält man für die wah

Digitized by Google

synodische Revolution des Planeten 535.72475 Tage, also nur 0.000125 Tage oder 10.8 Secunden mehr als zuvor. Jener Fehler von 6 Stunden ist also hier, durch die große Zwischenzeit, auf 10.8 Secunden, d. h. auf seinen 2000sten Theil herabgebracht worden.

Aus dieser Ursache haben auch die Griechen, welchen dieser Vortheil der ältern Beobachtungen zu jenem Zwecke nicht entgangen war, die Umlaufszeiten der ihnen bekannten Planeten bereits mit so großer Genauigkeit bestimmt, daß die neueren Astronomen an den Revolutionen, die Ptolemäus in seinem Almagest mitgetheilt hat, nur sehr wenig mehr zu verbessern gefunden haben. Solche in der Zeit sehr weit von uns entfernte Beobachtungen würden auch noch zu anderen interessanten Untersuchungen sehr wichtig seyn, allein sie sind meistens wieder so unvollkommen, daß man sich ihrer nicht mit Sicherheit bedienen kann. Unsere wahrhaft guten und zuverlässigen Beobachtungen beginnen erst mit dem Anfange oder genauer in der Mitte des verflossenen achtzehnten Jahrhunderts, und unsere Nachkommen werden sie einst mit großen Vortheilen zu denjenigen Bestimmungen benützen, über welche wir, aus Mangel ähnlicher Hilfsmittel, noch immer in Ungewißheit sind.

Kapitel IX.

Kepler's Gesetze.

§. 126. (Unvollkommenheit des copernicanischen Systems.) Copernicus hatte durch die Aufstellung seines Planetensystems die seit den ältesten Zeiten allgemein angenommenen und gleichsam geheiligten Lehren von der Ruhe der Erde im Mittelpunkte des Weltalls für immer zerstört, und dadurch das große Hinderniß weggeräumt, das bisher unsere wahre Erkenntniß des Himmels und alle eigentlichen Fortschritte der Wissenschaft gleichsam unmöglich gemacht hatte. Er ist dadurch der Gründer oder — vielleicht besser — der eigentliche Veranlasser der neuern Astronomie geworden, aber ohne auch zugleich der Vater derselben zu seyn, obschon man ihn oft genug so genannt hat. Denn unser gegenwärtiges System ist nicht das Copernicanische, so wie es uns sein Erfinder selbst in seinem Werke dargestellt hat. Es ist vielmehr sehr davon verschieden, und diese Verschiedenheit besteht nicht in kleinen Verbesserungen und Zusätzen, sondern in sehr wesentlichen Aenderungen, die ihm, wenn er jetzt wieder käme, sein eigenes System vielleicht selbst unkenntlich machen würden, obschon allerdings die vorzüglichste Idee, die von der täglichen Bewegung der Erde um sich selbst und der jährlichen um die Sonne, aber auch sonst nichts mehr, dem neuen Systeme ebenfalls zu Grunde liegt.

Copernicus hatte uns gezeigt, daß die größere jener beiden Anomalien, die wir bei den Bewegungen der Planeten bemerken, oder daß die

sogenannte zweite Ungleichheit (§. 105) der Alten nicht den Planeten eigenthümlich, sondern daß sie bloß scheinbar sey, und ihren Grund in der Bewegung der Erde um die Sonne habe; und dieß hat er uns auf eine Weise gezeigt, daß fortan Niemand mehr an der Wahrheit seiner Erklärung zweifeln kann, ja daß diese Voraussetzung jeder künftigen Verbesserung oder Erweiterung der Wissenschaft zu Grunde liegen muß, wenn sie anders auf diese Benennung Anspruch zu machen würdig ist.

Allein jene erste Ungleichheit (§. 106) ließ sich durch die von Copernicus entdeckte Bewegung der Erde nicht darstellen. Diese Ungleichheit ist den Planeten eigenthümlich, und kein bloßer Schein; daher auch die wahre Ursache derselben in der Bewegung der Planeten selbst, nicht außer ihnen, gesucht werden muß. Die Griechen nahmen zu ihrer Erklärung den excentrischen Kreis zu Hilfe, und wir haben bereits (§. 108) gesehen, daß die Bewegung in dem excentrischen Kreise auch durch die in einem concentrischen Kreise, aber mit einem Epicykel, vorgestellt werden kann, so wie auch bereits mehr als einmal bemerkt worden ist, daß diese Hypothese nicht einmal die unvollkommenen Beobachtungen der Alten mit hinlänglicher Genauigkeit, und daß sie besonders die Entfernungen der Planeten von der Erde eigentlich gar nicht darstellte.

Copernicus aber behielt dessenungeachtet diese Hypothese der Griechen bei, so wie er sich auch nicht von der kreisförmigen Gestalt der Planetenbahnen, welche die Griechen als die einzig mögliche erkannt haben wollten, losreißen konnte. Ihm war es genug, den einen der beiden Haupttheile der alten Irrlehren gestürzt zu haben, den wichtigsten vielleicht, oder doch den schädlichsten und gefährlichsten. Der zweite forderte ohne Zweifel mehr geistige Kraft, mehr Kenntnisse und Beharrlichkeit, aber nicht mehr jenen edeln Muth, mit welchem Copernicus einem für unerschütterlich gehaltenen Irrthume und selbst dem täglichen Zeugnisse der Sinne entgegen trat.

§. 127. (Tycho's Planetensystem.) Eine solche Verbesserung des copernicanischen Systems versuchte, ein halbes Jahrhundert nach der Bekanntmachung desselben, Tycho Brahe, einer der größten praktischen Astronomen, dessen Urtheilskraft aber in den Vorurtheilen seiner Zeit befangen war, und dem die Wahrheit weniger galt, als eine übel begründete Auctorität. Zwar konnte auch er die nicht weiter zu bezweifelnde Bewegung der Planeten um die Sonne nicht verkennen, daher er auch Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn in immer größeren concentrischen Kreisen um die Sonne gehen ließ, welche letzte den Mittelpunkt aller dieser Kreise einnahm. Aber diese Sonne war nicht, wie bei Copernicus, in Ruhe, sondern sie bewegte sich selbst in einem andern Kreise, dessen Mittelpunkt die ruhende Erde einnahm. Er stellte also wieder, wie die Alten, die Erde in den Mittelpunkt des Weltalls, und ließ um sie die Sonne gehen, welche letzte zugleich der bewegliche Mittelpunkt anderer Kreise war, in deren Peripherie die übrigen Planeten unmittelbar um die Sonne, und durch diese mittelbar um die Erde sich bewegten. Auf diese Weise glaubte er einen Mittelweg zwischen der Wahrheit, deren innere Kraft er nicht ganz verkennen konnte, und zwischen einer Auctorität, der er nicht entgegen zu treten wagte, gefunden, sich mit beiden abgefunden, und vielleicht zugleich seiner Eitelkeit einen Tribut gebracht zu haben, wenn er fortan als der Erfinder eines Systemes gepriesen würde, das wenigstens den Beifall der einen Parthei, um deren Gunst es ihm vorzüglich zu thun war, zu erhalten hoffen konnte. — Aber die immer gerechte Zukunft hat diese Hoffnungen nicht

Digitized by Google

erfüllt. Sein System ist, wie alle früheren und wie alle, die der einmal erkannten Wahrheit widerstreben wollen, der verdienten Vergessenheit übergeben, und es ist in unseren Tagen kaum mehr einer Erwähnung, und noch weniger einer umständlichen Widerlegung, würdig.

§. 128. (Verfahren Kepler's.) Anders verfuhr Kepler, der Zeitgenosse Tycho's. Sein durchdringender Geist erkannte sofort die Wahrheit des copernicanischen Systems, d. h. die Bewegung aller Planeten, sammt der Erde, um die ruhende Sonne. Aber er erkannte auch den Mangel, den sein großer Vorgänger in seinem Systeme noch zurückgelassen hatte, und er fühlte in sich die Kraft und die Ausdauer, diesen Mangel zu ersetzen.

Die für ihre Zeiten vortrefflichen Beobachtungen Tycho's, deren Gebrauch für Kepler offen lag, veranlaßten ihn, die von Copernicus aufgestellte Theorie mit diesen Beobachtungen, d. h. unmittelbar mit dem Himmel selbst zu vergleichen, und er überzeugte sich endlich durch zahlreiche und lange fortgesetzte Rechnungen, daß beide mit einander nicht in dem Grade übereinstimmten, wie man es wohl von Tycho's Beobachtungen erwarten konnte, wenn anders jene Theorie selbst der Wahrheit ganz gemäß seyn sollte.

Es wurde bereits oben bemerkt, daß Copernicus durch sein System eigentlich nur die zweite Ungleichheit (§. 105) der planetarischen Bewegung erklärt, und zwar auf eine solche Weise erklärt hatte, daß daran nicht weiter gezweifelt, und daß diese Sache für alle künftigen Zeiten als völlig abgethan betrachtet werden konnte. Aber die Erklärung der ersten Ungleichheit ward dadurch nicht gegeben, und Copernicus hatte es in seinen Werken nicht einmal gewagt, sie auch nur von ferne zu berühren. — Diese erste Ungleichheit besteht vorzüglich darin, daß die Geschwindigkeiten der Planeten, selbst wenn sie von der Sonne aus beobachtet werden, nicht gleichförmig sind, wie sie doch seyn müßten, wenn sie sich in Kreisen bewegten, deren Mittelpunkt die Sonne einnimmt. Die Alten suchten diese Erscheinungen, wie bereits oben gesagt wurde, dadurch zu erklären, daß sie die Sonne außer den Mittelpunkt jener Kreise versetzten. Sie konnten durch diese excentrischen Kreise allerdings diese Veränderungen der Geschwindigkeiten, so weit es die unvollkommenen Beobachtungen jener Zeit erforderten, darstellen, aber sie begegneten dadurch zugleich einer anderen Schwierigkeit, die sich durch dieses Hilfsmittel des excentrischen Kreises nicht entfernen ließ, und die, wenn sie ihm die Aufmerksamkeit, die es verdiente, geschenkt hätten, sie allein schon hätte überzeugen sollen, daß ihre Erklärung nicht die wahre sey, und daß daher ihre excentrischen Kreise als ganz unrichtig verworfen werden müssen. (Vergl. §. 106.)

§. 129. (Veränderung der scheinbaren Durchmesser und der Geschwindigkeiten der Planeten.) Man fand nämlich durch Beobachtungen, daß die Planeten zu derselben Zeit, wo ihre heliocentrische Geschwindigkeit am größten oder kleinsten ist, auch zugleich, für ein Auge im Mittelpunkte der Sonne, am größten und kleinsten erschienen. Am besten sah man dieß bei dem Monde, von dem auch die Alten annahmen, daß er sich in einem Kreise bewege, dessen Mittelpunkt die Erde einnimmt. Die größte stündliche Bewegung des Mondes in Länge ist 0°.6176, und für diese Zeit beobachtet man auch den größten scheinbaren Durchmesser desselben gleich 0°.553. Nach einer halben Revolution des Mondes, während diese beiden Größen immer abnehmen, bemerkt man die kleinste stündliche Bewegung zu 0°.493 und zugleich den kleinsten Durchmesser zu 0°.494. Da uns nun dieselben Größen, wenn sie uns näher gebracht

Digitized by Google

werden, unter einem größern Winkel erscheinen und umgekehrt, so glaubten die Griechen dadurch auch sofort jene Erscheinung erklären zu können. Sie nahmen daher an, daß die Erde außer dem Mittelpunkte der kreisförmigen Mondsbahn liege, und daß der Mond, der um den wahren Mittelpunkt dieses Kreises in immerwährender gleichförmiger Bewegung einhergeht, zur Zeit seiner größten scheinbaren Geschwindigkeit, die zugleich die Zeit seines größten scheinbaren Durchmessers ist, in demjenigen Punkte seiner Bahn ist, wo er der Erde am nächsten steht, während er, nach einer halben Revolution, zur Zeit seiner kleinsten Geschwindigkeit und seines kleinsten Durchmessers, in dem von der Erde entferntesten Punkte seiner Bahn stehe, wie wir dieß alles bereits oben gesagt haben. Man nannte diese beiden Punkte die Apsiden der Mondsbahn, und zwar jenen, wo der Mond der Erde am nächsten steht, das Perigeum und den ihm entgegengesetzten das Apogeum des Mondes.

§. 130. (Woher diese Aenderungen kommen.) Wenn aber diese beiden Erscheinungen, nämlich die Veränderung der täglichen Geschwindigkeit und die des Durchmessers des Mondes, bloß von der Veränderung der Distanz des Mondes von der Erde kommen sollen, wie die Griechen glaubten, so müßten sich jene beiden Extreme der Geschwindigkeiten sowohl, als auch diese Extreme der Durchmesser, beide zugleich wie die größte und kleinste Distanz des Mondes von der Erde verhalten. Halten wir uns nun bloß an die Geschwindigkeiten, so ist ihr Verhältniß $\frac{0.6176}{0.4930}$ oder 1.2527, und dieß soll daher auch das Verhältniß der größten und kleinsten Distanz des Mondes von der Erde in seinem excentrischen Kreise seyn. Dasselbe muß nun auch, wenn anders ihre Hypothese richtig ist, aus dem Verhältnisse der beiden Durchmesser folgen. Allein dieß Verhältniß ist $\frac{0.553}{0.494}$ oder 1.1194, also ganz ein anderes als zuvor, daher auch jene Voraussetzung unrichtig ist, oder die beobachteten Veränderungen der an sich selbst immer gleichgroßen Geschwindigkeiten des Mondes sind nicht bloß scheinbar, sie kommen nicht bloß von den verschiedenen Distanzen des Mondes, sondern sie sind, zum Theil wenigstens, einer andern Ursache zuzuschreiben, und sie müssen sich daher auf eine, dem Monde selbst zukommende, ihm eigenthümliche Veränderung seiner Bewegung gründen, oder mit andern Worten, die Bahn des Mondes kann kein Kreis seyn, weil die Geschwindigkeit eines in einem Kreise bewegten Körpers, der Natur dieser krummen Linie gemäß, nicht anders als gleichförmig seyn kann, während hier doch die Bewegung des Mondes um die Erde als wesentlich ungleichförmig erscheint.

Dasselbe läßt sich auch bei der Sonne bemerken, deren Bewegung um die Erde ebenfalls sehr einfach ist, da sie, so wie der Mond, in einem größten Kreise des Himmels um uns zu gehen scheint. Die größte tägliche Bewegung der Sonne in Länge beträgt 1°.01943, und zu dieser Zeit, gegen Ende des Dezembers, hat auch der scheinbare Durchmesser der Sonne seinen größten Werth von 0°.54321. Ein halbes Jahr später, in den ersten Tagen des Julius, haben diese beiden Größen ihren kleinsten Werth, indem dann die tägliche Geschwindigkeit 0°.95319, und der Durchmesser nur 0°.52527, beträgt. Das Verhältniß dieser beiden Geschwindigkeiten ist 1.0695, und das der beiden Durchmesser ist 1.0341, also beide wieder verschieden, da sie doch, wenn jene Hypothese des excentrischen Kreises der Natur gemäß wäre, einander vollkommen gleich

Digitized by Google

seyn müßten. — Auch diese beiden Punkte der Sonnenbahn, oder eigentlich der Erdbahn, werden die Apsiden derselben genannt, und zwar jener, wo die Erde der Sonne am nächsten steht, das Perihelium, und der andere das Aphelium der Erde. Es ist merkwürdig, daß die Zeit, welche der Mond, oder welche die Erde braucht, von einem Endpunkte ihrer Apsidenlinie zum anderen zu kommen, zu beiden Seiten dieser Linie immer dieselbe ist; daß diese beiden Punkte immer dieselbe Declination, die eine nördlich, die andere südlich, haben, und daß endlich ihre Rectascension immer um 180 Grade verschieden ist, woraus folgt, daß diese beiden Punkte in der That auf einer und derselben geraden Linie, der Apsidenlinie, liegen müssen, und daß diese gerade bei der Mondesbahn durch den Mittelpunkt der Erde, und bei der Erdbahn durch den Mittelpunkt der Sonne gehen muß. Dasselbe bemerkt man auch bei allen übrigen Planetenbahnen, deren Apsidenlinien, den Beobachtungen zu Folge, alle durch den Mittelpunkt der Sonne gehen.

§. 131. (Verhältnisse dieser beiden Veränderungen.) Wir haben also gefunden, daß die Verhältnisse der Extreme der Geschwindigkeiten dem der Durchmesser keineswegs gleich sind. — Allein wenn wir diese Verhältnisse etwas näher betrachten, so werden wir ohne Mühe eine andere, sehr wichtige Eigenschaft derselben bemerken. Bei dem Monde war dieses Verhältniß der Geschwindigkeiten 1.2527, und das der Durchmesser 1.1194, also das letzte bedeutend kleiner. Allein, wenn man etwa zufällig verleitet werden sollte, die sogenannten Potenzen dieser Zahlen unter einander zu vergleichen, so würde man finden, daß das Quadrat der letzten Zahl, oder daß das Quadrat von 1.1194 gleich 1.2529, also schon nahe gleich der ersten Zahl ist. Ganz dasselbe hat auch bei der Sonne Statt, wo das Verhältniß der Geschwindigkeiten 1.0695 und das der Durchmesser 1.0341 betrug, und wo auch das Quadrat der letzten Zahl gleich 1.0694 oder wieder sehr nahe gleich der ersten Zahl ist. — Um diese Entdeckung, wenn es eine ist, in Worten auszudrücken, würden wir also sagen: daß die Geschwindigkeiten der Planeten, nicht, wie die Alten glaubten, wie ihre Entfernungen, sondern daß sie sich, wie die Quadrate ihrer Entfernungen von der Sonne verhalten, oder mit anderen Worten: daß das Produkt der Geschwindigkeit in das Quadrat der Entfernung bei jedem Planeten durch alle Punkte seiner Bahn eine beständige und unveränderliche Größe sey. Bei der Sonne z. B. ist dieses Produkt, da man statt der Entfernung nur die Einheit dividirt durch den Durchmesser setzen darf, gleich 1.01943 dividirt durch das Quadrat von 0.54321, oder gleich 3.455 im Perihelium, und eben so groß findet man dieses Produkt auch im Aphelium. Wird aber dieselbe Erklärung auch für alle anderen Punkte der Erdbahn, außer jenen beiden, noch wahr seyn? — Dieß zu entscheiden, ist aber offenbar Sache der Beobachtung.

§. 132. (Erstes Gesetz Kepler's.) Solcher Beobachtungen sind aber bereits eine unzählige Menge, nicht bloß bei der Sonne und dem Monde, sondern überhaupt bei allen Planeten angestellt worden, und sie haben alle, ohne Ausnahme, gezeigt, daß dieses Gesetz zwischen den Geschwindigkeiten und den Entfernungen der Planeten von der Sonne für alle diese Himmelskörper und in allen Punkten ihrer Bahnen Statt habe, und daß man daher, der Analogie und der größten Wahrscheinlichkeit gemäß, dasselbe für das wahre Gesetz der Natur ansehen müsse. Wir werden sogleich sehen, daß dieses Gesetz, dessen Kenntniß wir Kepler'n verdanken, und das daher auch unter der Benennung des ersten Kepler'schen Gesetzes bekannt ist, für die ganze Theorie der Bewegung der Pla-

Digitized by Google

neten von der größten Wichtigkeit ist. Es ist, wie weiter unten gezeigt werden wird, ein ganz allgemeines Gesetz, das nicht bloß den Planeten, sondern überhaupt allen Körpern zu Grunde liegt, die sich um einen festen Punkt, als Centralpunkt ihrer Bahnen, bewegen.

§. 133. (Untersuchung der wahren krummen Linie der Planetenbahnen.) Indem also Kepler die Beobachtungen Tycho's mit der Hypothese des Copernicus verglich, nach welcher alle Planeten in Kreisen um die Sonne gehen, und indem er fand, daß sich diese Beobachtungen durch jene Hypothese nicht mit der erforderlichen Genauigkeit darstellen ließen, war er gleichsam gezwungen, irgend eine schickliche Aenderung jenes Systems vorzunehmen, um dadurch jene so wünschenswerthe Uebereinstimmung zu erhalten. Sein Verdacht fiel gleich anfangs auf jene Kreise, welche die Alten bloß aus dem Grunde eingeführt hatten, weil der Kreis, nach ihrer Ansicht, unter allen krummen Linien die vollkommenste, also auch die der Natur angemessenste, ja die ihr allein würdige seyn sollte. So wenig entscheidend solche bloß metaphysische Ursachen für die Kenntniß der Natur, die sich nur durch unmittelbare Beobachtungen erhalten läßt, auch immer seyn mögen, so wußte sich doch diese Idee bald allgemeinen Eingang zu verschaffen, und sie blieb, bis zu dem Anfang des siebenzehnten Jahrhunderts, die herrschende Meinung, nicht bloß der Menge, sondern auch der eigentlichen Astronomen. Copernicus, der sich doch so wenig von Vorurtheilen leiten ließ, daß er vielmehr sein ganzes Leben darauf verwendete, eines der ältesten und hartnäckigsten, das sich des menschlichen Geistes bemeistert hatte, zu besiegen, konnte sich doch von diesem nicht trennen, und so groß auch sein Verdienst um die Wissenschaft war, so beschränkt es sich doch nur darauf, die von den Alten eingeführten Kreise anders zu vertheilen, aber diese Kreise selbst, an die er eben so fest, wie alle seine Vorgänger, glaubte, wagte er nicht zu berühren.

Keplern fehlte dieser Muth nicht, und er ging mit Kraft und Ausdauer an sein für jene Zeiten großes, und mit vielen Schwierigkeiten verbundenes Werk. Es ist hier nicht der Ort, die Leser durch alle die Labyrinthe von Schlüssen und Rechnungen zu führen, die er selbst durchwandern mußte, um seinen Zweck zu erreichen. Er theilte uns die Resultate dieser Arbeiten in seinem Werke: Astronomia nova de motibus stellae Martis. Pragae 1609. Fol. mit, und die Leser mögen in diesem Buche selbst Gelegenheit finden, den unverdrossenen Muth, die unermüdliche Geduld, und den immer treffenden Scharfblick zu bewundern, mit welchem er sich durch die weitläufigen und verwickelten Rechnungen durchwindet, und selbst die gute Laune und die lebhaften Witzspiele zu bemerken, mit welchen er seinen von so anstrengenden Arbeiten oft ermüdeten Geist wieder aufzuheitern suchte. Er sagt selbst in einer Stelle dieses Werkes: „Wem das Durchlesen dieser mühevollen Rechnungen lange „Weile macht, der mag immerhin Mitleid mit mir haben, der ich sie „wenigstens siebenzigmal wiederholen mußte, während er sie nur einmal „lesen darf.“ Und eine einzige dieser Rechnungen nimmt volle zehn Folio-Seiten ein! — Hier wird es genug seyn, den Weg gezeigt zu haben, den er ging, oder vielmehr, den er hätte gehen können, um sein Ziel mit dem wenigsten Aufwand von Zeit und Mühe zu erreichen.

§. 134. (Verhältnisse der Entfernungen der Planeten von der Sonne.) Wenn also die Planetenbahnen fernerhin keine Kreise mehr seyn konnten, welche andere krumme Linie sollte man ihnen substituiren? — Auch diese Frage konnte nur durch unmittelbare Beobachtungen entschieden werden. Es handelte sich dabei vorzüglich um eine größere Anzahl von

Digitized by Google

Entfernungen irgend eines Planeten von der Sonne in verschiedenen Punkten seiner Bahn. Kannte man diese Entfernungen, so ließ sich die Gestalt der Bahn auf dem Papiere vorzeichnen, und dann konnte man zusehen, welcher Art die neue krumme Linie seyn soll.

Aber woher sollte man eine solche Anzahl von Entfernungen nehmen? Die Beobachtungen Tycho's, die Kepler sonst so gut zu brauchen wußte, reichten dazu nicht hin. Nach vielen vergeblichen Versuchen bemerkte er endlich, daß das von ihm bereits gefundene erste Gesetz der planetarischen Bewegung auch zu jenem Zwecke die gehörigen Mittel darbot.

Nehmen wir dazu wieder die Sonne, oder vielmehr die Erde, deren Bewegung sich für uns so einfach am Himmel darstellt, während die der andern Planeten noch durch die oben erwähnte zweite Ungleichheit, die bei der Erde ganz wegfällt, nur umsonst verwickelt werden. Die Astronomen haben von jeher die Sonne mit großem Fleiße beobachtet, und Tycho war hinter ihnen nicht zurück geblieben. In seinen Manuscripten fand Kepler eine große Anzahl von beobachteten Längen, aber keine Distanzen derselben von der Erde, welche letztere er doch vorzüglich brauchte. Allein so oft Tycho die Länge der Sonne in zwei zunächst auf einander folgenden Mittagen beobachtet hatte, war dadurch auch sofort die tägliche Aenderung ihrer Länge oder die tägliche Geschwindigkeit der Sonne für diesen Punkt ihrer Bahn gegeben, und mehr bedurfte er nicht, um daraus, wenn auch nicht die absolute Distanz, so doch die Verhältnisse dieser Distanzen unter einander abzuleiten.

Nach dem ersten Gesetze Kepler's ist nämlich das Produkt aus dem Quadrate der Distanz der Sonne von der Erde in die tägliche Bewegung, für alle Punkte der Sonnenbahn, eine constante Größe. Wir haben oben diese constante Größe gleich 3.455 gefunden. Allein wir können sie hier, wo es sich bloß um die Verhältnisse dieser Distanzen handelt, am einfachsten gleich der Einheit annehmen. Daraus folgt also, daß für jeden Punkt der Sonnenbahn die Distanz der Sonne von der Erde gleich seyn muß der Einheit, dividirt durch die Quadratwurzel der täglichen Geschwindigkeit der Sonne.

Betrachten wir nun mehrere dieser Punkte. Für das Perihelium, wo die Länge der Sonne, von der Erde gesehen, nahe 279° ist, d. h. zu Ende des December jeden Jahres wurde die tägliche Geschwindigkeit der Sonne, wie bereits oben bemerkt, gleich 1°.01943 Grade beobachtet. Die Einheit, dividirt durch die Quadratwurzel dieser Zahl, gibt 0.9904. Wir können also für diesen Punkt der Bahn, der der Erde am nächsten liegt, die Distanz der Sonne von der Erde gleich 0.9904 annehmen. Zwar kennen wir dadurch noch nicht die wahre Distanz der Sonne für diese Zeit, weil wir noch nicht wissen, auf welche Einheit sich diese Zahl 0.9904 bezieht. Aber diese Kenntniß ist uns auch hier nicht nothwendig, da wir nur die Verhältnisse mehrerer solcher Distanzen suchen, denen doch alle dieselbe, wenn gleich noch unbekannte Einheit zu Grunde liegt. Wir werden also mit irgend einem Maßstabe diese Distanz auf einer gegebenen Linie AB (Fig. 22) von irgend einem Punkte S derselben auftragen. Sey SB = 0.9904 diese Distanz, so ist also B ein Punkt der Erdbahn und zwar der der Sonne S nächste Punkt, oder das Perihelium dieser Bahn.

Nach etwa 60 Tagen, am 28. Februar, wurde die Länge der Sonne gleich 339°, also 60° größer als zuvor, und zugleich die tägliche Geschwindigkeit derselben gleich 1.0025 beobachtet. Dieß gibt, nach dem ersten Kepler'schen Gesetze, die Distanz der Sonne von der Erde gleich 0.9987,

Digitized by Google

also um 0.0083 größer, als zuvor. Man nehme also den Winkel BSP = 60°, und trage auf dem einen Schenkel desselben die Linie SP = 0.9987 auf, so wird P ein zweiter Punkt der Erdbahn seyn.

Wieder nach 60 Tagen, gegen den 30. April, wo die Länge der Sonne 399°, oder, was dasselbe ist, 39° beträgt, beobachtete man die tägliche Geschwindigkeit derselben zu 0°.9694, woraus die Distanz 1.0156 folgt. Man nehme daher den Winkel BSP′ = 120° und trage mit demselben Maßstabe auf der Linie SP′ die Distanz SP′ = 1.0156 auf, so ist P′ ein dritter Punkt der Erdbahn.

Nach neuen 60 Tagen, am 2. Juli, ward die Länge der Sonne 99° und die tägliche Geschwindigkeit 0°.95319 beobachtet, daher die Distanz der Sonne 1.0242 ist. Da nun die Sonne seit der ersten Epoche volle 180 Grade in Länge zurückgelegt hat, so wird man auf der ersten Linie selbst, aber auf der anderen Seite des Punktes A, die Linie SA = 1.0242 nehmen, und A wird ein neuer Punkt der Erdbahn, das Aphelium derselben seyn.

§. 135. (Nähere graphische Bestimmung der Planetenbahnen.) Setzt man dieses Verfahren noch weiter für die Sonnenlängen von 159°, 219° und 279° fort, so findet man dieselben Geschwindigkeiten, also auch dieselben Distanzen wieder, die wir bereits für die Längen von 39°, 339° und 279° gefunden haben, so daß man also die Linien SP, SP′ nur auf der unteren Seite von AB verlängern darf, um sofort auch die jenen Längen entsprechenden Punkte der Erdbahn unter der Linie ASB zu erhalten, zum Zeichen, daß die gesuchte krumme Linie durch diese gerade ASB in zwei gleiche und ähnliche Theile getheilt wird. Um diese Curve mit größerer Genauigkeit verzeichnen zu können, wird man mehrere Punkte derselben auf die angezeigte Weise, z. B. von 10 oder von 5 Tagen Zeitunterschied bestimmen, und dann alle diese Punkte mit freier Hand durch eine krumme Linie vereinigen, wodurch man gleichsam eine getreue Abbildung der Erdbahn im Kleinen erhält.

Um nun aus dieser Zeichnung die Natur der krummen Linie, welche die Erde jährlich um die Sonne S beschreibt, näher kennen zu lernen, wird man zuerst den Mittelpunkt C der Geraden AB oder der Apsidenlinie suchen. Wir hatten aber SA = 1.0242 und SB = 0.9904. Die halbe Summe dieser beiden Größen gibt sofort CA oder auch CB = 1.0073, und die halbe Differenz derselben Größen gibt CS = 0.0169. Will man aber der größern Einfachheit wegen die Hälfte der Apsidenlinie zur Einheit aller Dimensionen annehmen, oder setzt man CA = CB = 1, so wird man alle vorhergehenden Zahlen nur durch 1.0073 dividiren, um die Ausmessungen aller Theile dieser krummen Linie in dieser Einheit zu erhalten. Man bekömmt so CA = CB = 1, CS = 0.01677, SB = 0.9832 und SA = 1.0168 u. s. w.

Die eyförmige, in der Richtung der Apsidenlinie verlängerte Gestalt dieser Curve hat viele Aehnlichkeit mit derjenigen krummen Linie, die unter der Benennung der Ellipse allgemein bekannt ist, und auf die daher jeder gleichsam von selbst geführt wird. Eine genauere Betrachtung derselben zeigt in der That, daß diese Vermuthung vollkommen bestätigt wird.

§. 136. (Eigenschaften der Ellipse.) Seyen S und S′ zwei feste Punkte in einer Ebene, an welche man die zwei Enden eines biegsamen, unausdehnbaren Fadens befestigt, dessen Länge größer als die Distanz SS′ ist. Wenn man diesen Faden mit Hilfe eines Stiftes, z. B. der Spitze P einer Bleifeder spannt, und so diese Spitze, bei immer gespanntem Faden, in jener Ebene um die Linie SS′ führt, so wird man

Digitized by Google

dadurch eine krumme Linie beschreiben, welche die Eigenschaft hat, daß für alle Punkte P ihrer Peripherie die Summe der beiden Theile SP und S'P des Fadens, oder die Summe der beiden Distanzen SP und SP' immer dieselbe ist. Unter diesen Punkten sind vorzüglich zwei merkwürdig, nämlich die Punkte B und A, die in der Verlängerung der Linie SS' liegen, welche jene zwei fixen Punkte verbindet. Ist der beschreibende Stift in B, so liegt ein Theil des Fadens über der Linie S'B und der andere über SB, er liegt also über SB doppelt und die Distanz von S' nach B ist gleich der Länge des Fadens weniger diesem Stücke SB. Kömmt dann der beschreibende Stift nach A, so liegt wieder ein Theil des Fadens auf der Linie SA und der andere auf S'A; er liegt also hier über S'A doppelt, und die Distanz von S nach A ist wieder gleich der Länge des Fadens weniger diesem Stücke S'A. Da aber diese beiden Positionen des Stiftes in nichts, als in der Lage desselben verschieden sind, indem er einmal rechts und dann links von SS' stand, so müssen auch die beiden Stücke SB und S'A, wo der Faden in beiden Fällen doppelt lag, einander gleich seyn. In der ersten Lage waren die beiden Theile des Fadens S'B und SB, das heißt also S'B und S'A zusammen genommen, gleich AB, und in der zweiten Lage waren diese Theile SA und S'A, das heißt SA und SB, also wieder gleich AB. Daraus folgt also, daß die zwei äußersten Punkte A und B, in welchen der beschreibende Stift die verlängerte, durch die beiden fixen Punkte gehende Linie SS' trifft, um die ganze Länge des Fadens von einander entfernt sind, und daß daher auch die Summe der Distanzen eines jeden andern Ortes P des beschreibenden Stiftes von ihren beiden fixen Punkten gleich derselben Distanz AB jener beiden äußersten Punkte ist.

Die krumme Linie, welche auf diese Art von dem Stifte beschrieben wird, nennt man eine Ellipse. Man sieht, daß sie einem Kreise desto näher kömmt, je näher die beiden fixen Punkte S und S' an einander genommen werden. Versetzt man endlich diese beiden Punkte S und S' in die Mitte C der Linie SS', so geht die Ellipse ganz in einen Kreis über, weil dann die beiden Distanzen PS und PS' für alle Punkte P immer dieselben, und zwar gleich der Hälfte des Fadens, oder gleich CP, d. h. gleich dem Halbmesser des Kreises werden.

Man nennt in der Ellipse jene beiden fixen Punkte S und S' die Brennpunkte, die erwähnten äußersten Punkte B und A aber die Scheitel und ihre Distanz AB endlich die große Axe der Ellipse. Theilt man die Linie SS', oder was dasselbe ist, die Linie AB in dem Punkte C in zwei gleiche Theile, so heißt C der Mittelpunkt und CS = CS' die Excentricität. Errichtet man durch diesen Punkt C eine auf die große Axe AB senkrechte Linie, so ist der Theil derselben, der zu beiden Seiten von AB durch die krumme Linie begränzt wird, die kleine Axe der Ellipse. Da für die Endpunkte dieser kleinen Axe die beiden Theile SP und S'P einander gleich, also auch jeder dieser Theile gleich der halben kleinen Axe sind, so ist die Summe der Quadrate der Excentricität und der halben kleinen Axe gleich dem Quadrate der halben großen Axe, so daß daher, wenn zwei von diesen drei Größen bekannt sind, auch sofort die dritte derselben gegeben ist. Endlich nennt man die Distanz PS oder PS' eines jeden Punktes P der Ellipse von einem der beiden Brennpunkte derselben den Radius Vector dieses Punktes.

§. 137. (Zweites Gesetz Kepler's.) Kepler hatte also gefunden, daß die jährliche Bahn der Erde eine Ellipse ist, in deren einem Brennpunkte der Mittelpunkt der Sonne liegt. Es war wohl sehr natürlich, zu vermuthen, daß dasselbe auch bei den übrigen Planeten nicht anders

Digitized by Google

seyn werde, und diese Vermuthung wurde bald durch die darüber angestellten Rechnungen vollkommen bestätigt. Dadurch war demnach das zweite Gesetz Keplers gefunden, nach welchem sich also alle Planeten in Ellipsen bewegen, deren einen, allen diesen Bahnen gemeinschaftlichen Brennpunkt der Mittelpunkt der Sonne einnimmt.

Es war nun nur noch übrig, diese schöne und wichtige Entdeckung anzuwenden und zu zeigen, wie man nach ihr die Bewegung der Planeten berechnen soll, um sie mit den Beobachtungen zu vergleichen, oder mit andern Worten: es handelte sich um die neue Theorie der planetarischen Bewegung, da die alte, welche die Planetenbahnen kreisförmig voraussetzte, was sie nicht sind, nicht weiter beibehalten werden konnte. — Allein dabei zeigte sich sogleich eine neue und nicht geringe Schwierigkeit. In dem Ptolemäischen sowohl als in dem Copernicanischen Systeme hing diese Theorie, wie wir oben (§. 115) gesehen haben, bloß von zwei Dingen ab: von der Epoche oder von der heliocentrischen Länge des Planeten zu einer gegebenen Zeit, und von der Umlaufszeit oder der täglichen Bewegung desselben. Denn da die Bewegung in Kreisen nicht anders als gleichförmig seyn kann, so reichten diese beiden Elemente, so lange man die Neigung der Planetenbahnen nicht berücksichtiget, vollkommen hin, den heliocentrischen Ort des Planeten für jede andere Zeit zu bestimmen, aus welcher man dann (nach §. 114 oder 120) den geocentrischen Ort desselben durch Rechnung ableiten, und ihn mit den unmittelbaren Beobachtungen vergleichen konnte.

Allein in dem neuen, von Kepler entdeckten Planetensysteme fallen die Kreise, und mit ihnen alle gleichförmigen Bewegungen der Planeten gänzlich weg. Jeder Planet bewegt sich, wie wir oben bei der Erde gesehen haben, am schnellsten in seinem Perihelium B, wo er der Sonne S in dem einen Brennpunkte seiner Bahn am nächsten ist. Von diesem Punkte an entfernt sich der Planet immer weiter von der Sonne, während seine Geschwindigkeit regelmäßig wie verkehrt das Quadrat dieser Entfernung abnimmt, bis er endlich, im Aphelium A, am weitesten von der Sonne absteht, und zugleich seine kleinste Geschwindigkeit hat. Nach dem Durchgange durch sein Aphelium nimmt die Entfernung von der Sonne wieder eben so ab, und seine Geschwindigkeit eben so zu, wie jene in der ersten Hälfte seiner Bahn zu- und diese abgenommen hat, bis er endlich, nachdem er seinen ganzen Umlauf um die Sonne vollendet hat, mit derselben Geschwindigkeit wieder in seinem Perihelium B ankömmt, mit welcher er von demselben ausgegangen ist.

§. 138. (Bestimmung der Bewegung in der Ellipse.) Wie soll man aber nun bei einem Körper, dessen Bewegung, ihrer Größe und Richtung gegen die Sonne nach, in jeder Secunde eine andere ist, angeben können, welchen Ort er für jeden gegebenen Augenblick in seiner Bahn einnehmen wird?

Die Auflösung dieses Problems ist von der größten Wichtigkeit, da sich ohne sie eine eigentliche Theorie der Planeten in dem neuen Systeme nicht einmal denken läßt. Sie ist aber so lange als ganz unmöglich zu betrachten, als man nicht in dieser Bewegung der Planeten irgend etwas aufgefunden hat, von dem diese ungleichförmige Bewegung abhängt, und das selbst sich gleichförmig, oder mit der Zeit proportional, ändert, so daß man das letzte, wie etwa in dem ältern Systeme, durch eine einfache Addition (§. 115) finden, und dann daraus das erste durch irgend eine Rechnung ableiten kann. Wäre z. B. die Zeit bekannt, wann der Planet, von der Sonne gesehen, durch sein Perihelium B gegangen ist, und wüßte man, daß der Bogen BP, den er in seiner El-

Digitized by Google

lipse um die Sonne beschreibt, es ist, der immer gleichförmig oder proportional mit der Zeit zunimmt, so würde es nicht mehr schwer seyn, den heliocentrischen Ort des Planeten in seiner Bahn für jeden andern Augenblick anzugeben. Denn wenn die große Axe AB und die Excentricität CS der Ellipse bekannt ist, so kann man daraus auch die Größe ihrer Peripherie finden, und diese, durch die bekannte Umlaufszeit des Planeten dividirt, würde sofort auch denjenigen Theil seiner Peripherie, oder den elliptischen Bogen geben, welchen der Planet in dem Laufe eines jeden Tages zurücklegt. Ist also die Zeit, für welche man den Ort des Planeten sucht, z. B. hundert Tage nach seinem Durchgange durch sein Perihelium, so wird man nun jenen Bogen hundertmal nehmen, und dadurch den Bogen BP kennen, aus welchem sich dann durch Rechnung auch die Entfernung PS des Planeten von der Sonne, oder sein Radius Vector, und der Winkel BSP, oder die Neigung seines Radius Vector gegen die große Axe SB finden lassen wird. Ist endlich der Winkel, welchen diese Linie SB mit der Nachtgleichenlinie macht, oder ist die Länge des Periheliums B bekannt, so wird man nur diese Länge des Periheliums zu jenem Winkel BSP addiren, um sofort auch die heliocentrische Länge des Planeten (§. 114) zu erhalten. Dadurch aber, durch die Länge des Planeten und durch seinen Radius Vector, ist der Ort desselben in der Ellipse vollkommen bestimmt.

Allein dieses Verfahren kann nicht zugelassen werden, weil die Bewegung der Planeten keineswegs so, wie hier vorausgesetzt wurde, vor sich geht, daß nämlich die Bogen der Ellipse in gleichen Zeiten gleich viel wachsen. Diese Voraussetzung steht sogar mit dem bereits oben gefundenen ersten Gesetze Kepler's in directem Widerspruch. Denn sey z. B. Pt (Fig. 22) der Bogen, welchen der Planet in der Ellipse, oder auch in jeder andern krummen Linie, während einer sehr kurzen Zeit, z. B. während einer Secunde, beschreibt. Da diese Punkte P und t sehr nahe bei einander liegen, so wird man diesen kleinen Bogen Pt immer als den Bogen eines Kreises ansehen können, dessen Mittelpunkt in S ist. Der Fehler, den man dabei begeht, wird desto kleiner seyn, je näher jene Punkte an einander liegen, und wir können sie so nahe als nur immer möglich annehmen, da es für unsern Schluß ganz gleichgültig ist, ob dieser Bogen Pt von dem Planeten in einer Secunde, oder in dem tausendsten Theil einer Secunde beschrieben wird. Ist aber Pt ein Kreisbogen, dessen Halbmesser St oder SP = r ist, und nennt man v den Winkel PSt, zu welchem jener Bogen gehört, so ist bekanntlich jener Bogen selbst gleich dem Produkte der beiden Größen r und v, und dieses Produkt kann, in der Bewegung der Planeten, keine constante Größe seyn, weil, nach dem ersten Gesetze Kepler's, erst das Produkt des Quadrats von r in v eine solche constante Größe ist. Dadurch fällt also jene ganze Voraussetzung als unstatthaft von selbst weg.

Wenn aber für jeden sehr kleinen Bogen Pt der Ellipse, oder überhaupt für jede krumme Linie, das Produkt der Größe r in v gleichsam das sinnliche Bild dieses Bogens Pt ist, sollte man nicht auch ein ähnliches Bild für das andere Produkt, und eben dadurch vielleicht jene gleichförmig sich ändernde Größe selbst, die wir eigentlich suchen, erhalten können?

§. 139. (Anderer Ausdruck des ersten Gesetzes.) Es ist allgemein bekannt, daß die Oberfläche eines jeden geradlinigen Dreiecks gleich ist dem halben Produkte der Basis desselben in seine Höhe oder in die senkrechte Linie, welche man aus dem Scheitel des Dreiecks auf die Basis desselben herabgelassen hat. Nun kann das Dreieck StP immer-

Digitized by Google

hin, und ohne allen merklichen Fehler, als ein geradliniges Dreieck
gesehen werden. Zwar ist die Basis Pt, unser oben betrachteter Bo
eigentlich eine krumme Linie, aber da es, wie bereits gesagt, von u
rer Willkühr abhängt, die beiden Endpunkte P und t dieser Basis
nahe, als nur immer möglich, an einander zu rücken, so wird end
die Krümmung derselben ganz unmerklich werden, und für jede c
noch so genaue Betrachtung gänzlich verschwinden müssen. Für di
Fall wird aber auch die Höhe des Dreiecks, oder das Loth von sei
Spitze S auf diese Basis Pt, ganz mit den beiden Seiten St oder SP
sammen fallen, und daher, ebenfalls ohne allen merklichen Fehler, gl
r seyn müssen. Da nun die Basis dieses Dreiecks SPt oder der Bo
Pt, nach dem Vorhergehenden, gleich dem Produkte von r in v, und
die Höhe desselben Dreiecks gleich r ist, so wird auch die Fläche desselb
wie das jedes andern Dreiecks, gleich dem halben Produkte des Q
drats von r in v, oder gleich $^1/_2$rrv seyn. Dieses letzte Produkt a
ist, nach dem ersten Kepler'schen Gesetze, in allen planetarischen Be
gungen eine constante Größe, also ist auch die Fläche, welche d
Radius Vector der Planeten in jeder sehr kleinen Zeit
schreibt, ebenfalls eine solche constante Größe.

Die Planeten bewegen sich also um die Sonne so, daß in jed
Punkte ihrer Bahnen die Flächen BpS, PtS, AaS.., welche der Radi
Vector während eines Augenblickes beschreibt, immer von derselb
Größe sind. In dem nächstfolgenden, eben so langen Augenblicke,
der nächstfolgenden Secunde z. B. wird also die neue Fläche wieder et
so groß seyn, wie zuvor, und da dieß von allen folgenden Secund
gilt, so wird es auch von allen folgenden, nur gleichgroßen Zeiträum
von 60 Secunden, d. h. von allen Minuten, und eben so von all
Stunden, Tagen u. s. w. gelten, und man wird daher jenen Satz fo
so ausdrücken können: Die Flächen BSP,BSP'.. des Radi
Vector verhalten sich wie die Zeiten, in welchen sie beschri
ben werden. Dieser Satz ist, wie man sieht, eine unmittelbare Fol
des ersten Kepler'schen Gesetzes (§. 132), oder er ist vielmehr dieses G
setz selbst, nur anders ausgedrückt. Auch hat es Kepler unter dies
zweiten Gestalt bekannt gemacht, unter welcher es auch in die Wisse
schaft übergegangen ist.

Dadurch ist also jene gleichförmige Bewegung in den Planetenba
nen gefunden, an welche wir nun die wahre und ungleichförmige Bew
gung der Planeten selbst anknüpfen können.

Man erhält nämlich die Oberfläche der ganzen Ellipse, wenn me
den vierten Theil des Produkts ihrer großen und kleinen Axe in die b
kannte Ludolph'sche Zahl 3.14159 multiplicirt, welche die Peripherie
nes Kreises ausdrückt, dessen Durchmesser gleich der Einheit ist. D
nun diese Fläche von dem Radius Vector gleichförmig beschrieben wir
so wird man nur die Fläche der ganzen Ellipse durch die bekannte Um
laufszeit des Planeten, in Tagen ausgedrückt, dividiren, um sofort de
jenigen Theil dieser Fläche zu erhalten, welchen der Radius Vector d
Planeten in jedem einzelnen Tage zurücklegt. Ist also die Zeit d
Durchgangs des Planeten durch sein Perihelium B gegeben, und se
Ort P für irgend eine andere Zeit, die z. B. hundert Tage nach jene
Durchgang fällt, zu suchen, so wird man nur die bereits bekannte, täglic
Fläche desselben hundertmal nehmen, wodurch demnach die Fläche des
liptischen Sectors BSP gegeben ist. Ist aber diese Fläche BPS bekann
so reducirt sich dann die Aufgabe, den Ort des Planeten für jede Ze
zu finden, auf das einfache, geometrische Problem, für jede gegeben

Digitized by Google

Fläche BPS eines elliptischen Sectors, sowohl den Winkel BSP als auch den Radius Vector SP zu finden, welcher zu diesem Sector gehört.

§. 140. (Anwendung dieses Gesetzes auf die Bewegung der Planeten; mittlere und wahre Planeten.) Es kann nicht unsere Absicht seyn, hier die umständliche Auflösung dieses geometrischen Problems zu geben. Das Folgende wird genügen, um wenigstens den Weg kennen zu lernen, welchen man dabei einschlagen muß.

Man denke sich einen um S (Fig. 23) als Mittelpunkt beschriebenen Kreis B'MA', dessen Halbmesser SA' = SB' = SM gleich der halben großen Axe CB = CA der Ellipse BPA ist. In diesem Kreise bewege sich ein Punkt M gleichförmig und so, daß er mit dem wahren Planeten, der in der Peripherie der Ellipse einhergeht, immer zu gleicher Zeit durch die große Axe AB derselben, zu beiden Seiten des Punktes S geht. Wenn also der Planet im Perihelium B ist, so ist jener Punkt in B', und die Fläche des elliptischen Sectors, so wie der Bogen dieses Kreises, die beide von der Linie SBB' gezählt werden, sind hier beide gleich Null. Wenn aber nach einer halben Revolution der Planet in der Ellipse nach A, und jener Punkt in der Peripherie seines Kreises nach A' kömmt, so ist die von dem Radius Vector in der Zwischenzeit beschriebene Fläche des elliptischen Sectors genau die Hälfte von der Fläche der ganzen Ellipse, so wie auch der von jenem Punkte beschriebene Bogen B'MA' genau die Hälfte der ganzen Peripherie seines Kreises ist. Und dasselbe Verhältniß zwischen dieser Fläche des Sectors und dem Bogen des Kreises wird auch für jede andere Zeit Statt haben, weil beide, nach der vorhergehenden Voraussetzung, gleichförmig wachsen, und weil beide von der Linie SBB' an gezählt werden. Ist also seit jener Epoche, wo der Planet durch sein Perihelium B ging, z. B. der zwanzigste Theil der Umlaufszeit verflossen, und ist PBS ebenfalls der zwanzigste Theil der Fläche der ganzen Ellipse, so wie B'M der zwanzigste Theil des Umfangs des Kreises, oder endlich, was dasselbe ist, der Winkel B'SM der zwanzigste Theil von 360 Graden, so wird der Planet in P und jener Punkt zu derselben Zeit in M seyn. Man sieht demnach, daß man statt jenes elliptischen Sectors den Winkel B'SM dieses Punktes substituiren kann, und daß unser Problem sich eigentlich darauf reducirt, aus dem gegebenen Winkel B'SM jenes Punktes den Winkel BSP und den Radius Vector SP des Planeten zu finden.

Nehmen wir z. B an, ein Planet sey im Anfange eines Jahres durch sein Perihelium gegangen, und seine Umlaufszeit um die Sonne betrage genau 100 Tage. Wenn die große und kleine Halbaxe seiner elliptischen Bahn 5 und 4 Halbmesser der Erdbahn beträgt, so hält die Oberfläche dieser Planetenbahn 62.8318 Quadrathalbmesser der Erdbahn. Es ist nämlich bekannt, daß die Oberfläche einer jeden Ellipse gleich dem Produkte ihrer beiden Halbaxen um die schon oben (§. 139) angeführte Zahl 3.14159 ist.

Dieß vorausgesetzt, wollen wir den Ort P (Fig. 23) dieses Planeten in seiner Bahn für irgend einen gegebenen Tag, z. B. für den 1. Februar desselben Jahres, suchen. Zu diesem Zwecke wird man nach dem ersten Gesetze Kepler's (§. 132 und 139) folgende Proportion haben: die Umlaufszeit des Planeten wird sich zu der Zeit vom Anfang des Jahres bis zum ersten Februar, d. h. zu der Zeit von 31 Tagen, so verhalten, wie sich die Fläche der ganzen Ellipse zu der Fläche BPS des Sectors verhält, welchen der Radius Vector SP des Planeten in 100 Tagen beschreibt, oder wenn dieser Sector x heißt, so hat man

$$100 : 31 = 62.8318 : x$$

Digitized by Google

woraus folgt x = 19.4778, oder die Oberfläche des Sectors BPS trägt 19.4778 Quadrathalbmesser der Erdbahn. — Da man nun di Fläche des elliptischen Sectors kennt, so ist es mit einigen geometrisch Kenntnissen sehr leicht, daraus auch den Winkel BSP und die Grö SP, oder den Radius Vector des Planeten für die gegebene Zeit zu fi den, und man sieht, daß durch diese beiden Größen der Ort des Pla ten in seiner Bahn vollkommen bestimmt ist, wenn man einmal die La SB der großen Axe im Raume kennt. — Dieß ist die wahre Auflösu unseres Problems. Indeß kann man auch zu demselben Zwecke auf f gende einfachere Weise gelangen.

Was zuerst den heliocentrischen Ort dieses mittleren Planeten betrifft, so wird er ganz so, wie der nach den ältern Systemen in eine Kreise sich bewegende Planet für jede gegebene Zeit ohne Mühe gefund werden können. Man wird nämlich, wenn man die Zeit kennt, wo d Punkt in B' durch die Linie SB' ging, und wenn überdieß die Umlauf zeit dieses Punktes in seinem Kreise, die mit der Umlaufszeit des Pl neten in seiner Ellipse identisch ist, bekannt ist, den Ort des Punktes in der Peripherie seines Kreises durch eine einfache Addition bestimmen ganz so, wie wir oben (§. 115) in der einfachen Kreishypothese für d dort ebenfalls gleichförmig bewegten Planeten verfahren sind. Ma nennt daher auch diesen Punkt den mittleren Planeten, währen der eigentliche Planet, im Gegensatze mit jenem, der wahre genan wird. In der That ist auch, weil die Umlaufszeiten beider um de Punkt S, oder um die Sonne, einander gleich sind, die durch seine gan Bahn gleichförmige Geschwindigkeit dieses mittleren Planeten gleich de Mittel aus allen verschiedenen Geschwindigkeiten des wahren Planeten.

Es ist also, wie man sieht, sehr leicht, den Winkel B'SM, den w m nennen wollen, des mittleren Planeten für jede gegebene Zeit z finden, und es handelt sich nur noch darum, wie man, wenn m gegebe ist, auch den Winkel BSP und den Radius Vector SP = r des wahre Planeten für dieselbe Zeit finden soll. Man nennt aber den Winkel B'S oder m die mittlere Anomalie und den Winkel BSP oder v di wahre Anomalie des Planeten.

§. 141. (Gleichung der Bahn und elliptischer Radius Vector.) Ohn uns hier in eine strenge Auflösung dieses Problems einzulassen, wird e hinreichen, zu zeigen, wie man diese Auflösung bei allen jenen Ellipse leicht und mit hier hinlänglicher Genauigkeit finden kann, deren Excen tricität CS gegen ihre halbe große Axe CB sehr klein ist, ein Fall, de in der That bei allen Planeten, besonders bei den sieben älteren, stat hat. Bezeichnet man also dieses Verhältniß CS zu CB in jeder Ellips durch e, so ist die wahre Anomalie v immer gleich der mittleren m mehr dem doppelten Produkte der Größe e in den Sinus von m, un der Radius Vector r ist immer gleich der halben großen Axe, wenige dem Produkte dieser Halbaxe in die Größe e und in den Cosinus vo m, wobei diese Winkel m und v ohne Unterbrechung von 0° bis 360 gezählt werden. — Demnach besteht also die Bewegung jedes Planete aus zwei Theilen. Der erste ist gleichförmig, gehört gleichsam den Kreise an und ist auch ganz derselbe, den wir schon in dem vorher gehenden Kapitel betrachtet haben. Der andere aber ist ungleichförmig gehört der Ellipse an, und ist gleich 2 e Sin m. Man nennt diesen zwei ten Theil, oder den Winkel MSP die Gleichung der Bahn, und si wird mit ihren Zeichen zur mittleren Länge des Planeten gesetzt, um di wahre oder elliptische Länge desselben in der Bahn zu erhalten Eben so ist die wahre oder elliptische Distanz des Planeten von de

Digitized by Google

Sonne, oder sein Radius Vector, aus zwei ähnlichen Theilen zusammengesetzt, davon der erste gleich der halben großen Axe a, und der andere gleich dem Produkte dieser Halbaxe in die Größe a e Cos m ist.

§. 142. (Elemente der Planetenbahnen.) Um diese Rechnungen auszuführen, muß man also, nebst den bereits oben (§. 121) angeführten vier Elementen, noch zwei andere kennen, nämlich die Excentricität CS, oder, da die halbe große Axe CA schon bekannt ist (§. 100), das Verhältniß e dieser Excentricität zur großen Halbaxe, und die Lage dieser Axe, oder, was dasselbe ist, die Länge des Periheliums B. Ist nämlich ☊SV (Fig. 23) die Knotenlinie der Bahn mit der Ekliptik (§. 117), also ☊ der aufsteigende Knoten, von welchem sich der Planet über die Ekliptik, gegen Norden, erhebt, und nimmt man von diesem Punkt ☊, in der Ebene der Bahn, wie in §. 118, den Winkel ☊SV eben so groß, als derselbe Punkt ☊ von dem Frühlingsnachtgleichenpunkte, in der Ebene der Ekliptik absteht, so ist VSB die Länge des Periheliums. Die folgende Tafel enthält diese beiden Elemente zugleich mit den vier ersten (aus §. 100, 116 und 117), die hier zur bequemen Uebersicht zusammengestellt, und sämmtlich auf den mittleren Pariser Mittag des 1. Januar 1810 gebracht sind.

Digitized by Google

Planeten.	Halbe große Axe.	Verhältniß der Excentricität e.	Epoche 1810.	Tägliche tropische Bewegung.	Länge des Periheliums 1810.	Säcul. Aenderung trop.	Länge des aufst. Knotens 1810.	Säc. Aend. des Knotens tropisch.	Neigung.
Merkur	0.38710	0.2056	293° 32′.32	4°.09238	74° 30′.23	1°.55	46° 4′.02	1°.18	7° 0′.00
Venus	0.72333	0.0068	236° 16′.25	1°.60217	128° 44′.30	1°.32	74° 57′.30	0°.88	3° 23′.47
Erde	1.00000	0.0168	99° 29′.03	0°.98568	99° 39′.37	1°.72	— —	—	— —
Mars	1.52369	0.0932	346° 28′.58	0°.52407	332° 33′.82	1°.83	48° 3′.80	0°.75	1° 51′.08
Vesta	2.3632	0.1838	105° 44′.90	0°.27120	250° 19′.0	1°.39	103° 10′.20	1°.39	7° 7′.78
Juno	2.6704	0.2544	95° 21′.20	0°.22591	53° 16′.0	1°.39	171° 9′.83	1°.39	13° 4′.43
Ceres	2.7672	0.0785	61° 12′.53	0°.21414	146° 44′.0	1°.39	80° 56′.92	1°.39	10° 37′.50
Pallas	2.7683	0.2440	49° 9′.38	0°.21400	121° 22′.0	1°.39	172° 33′.90	1°.39	34° 37′.47
Jupiter	5.20116	0.0482	25° 24′.03	0°.08313	11° 17′.80	1°.58	98° 30′.07	0°.96	1° 18′.85
Saturn	9.53781	0.0562	244° 37′.53	0°.03350	89° 15′.18	1°.93	112° 0′.92	0°.77	2° 29′.63
Uranus	19.18318	0.0467	216° 27′.98	0°.01177	167° 29′.62	1°.46	73° 53′.58	0°.39	0° 46′.43

Diese Tafel gibt zugleich die Aenderung der Länge des Knotens und des Periheliums für 100 Jahre, von der Epoche 1810 gerechnet. Zwar ist auch die Neigung und die Größe e ähnlichen Veränderungen unterworfen, sie sind aber so klein, daß sie hier ganz übergangen werden können.

Digitized by Google

§. 143. (Berechnung des elliptischen Orts der Planeten.) Diese Tafel ist hinreichend, den heliocentrischen Ort der Planeten für jede gegebene Zeit zu finden. Suchen wir z. B. wieder, wie in §. 119, den heliocentrischen Ort Saturns für den 12ten November 1835. Die Tafel gibt die Epoche für den Anfang des Jahres 1810 gleich 244°.6255. Das Intervall zwischen diesen beiden Zeiten beträgt 25 Jahre, zu 365 Tagen, und 316 Tage, wozu noch die 6 Schalttage gezählt werden müssen, also 25 gemeine Jahre und 322 Tage.

Nach derselben Tafel ist die tägliche tropische Bewegung Saturns 0°.03350, die daher in einem gemeinen Jahre 12°.2372, und in 25 solchen Jahren 305°.6875, und endlich in 322 Tagen 10°.7870 beträgt. Wir haben daher

1810 . . .	244°.6255
25 Jahre . .	305°.6875
322 Tage .	10°.7870
	561°.1 oder 201°1

oder die Länge Saturns in der Bahn ist für die gesuchte Zeit gleich 201° 6′, wie §. 119. Eben so ist die Länge k des aufsteigenden Knotens für 1810 gleich 112° 0′.92, und die Veränderung in 25 Jahren 11′.4, also für die gesuchte Zeit k = 112° 12,′ und die Neigung n = 2° 29′.6 wie dort. Endlich ist die halbe große Axe der Bahn 9.53781, und mit diesen Daten haben wir oben (§. 119) in der Kreishypothese das Argument der Breite und die heliocentrische Länge l des Planeten in der Ekliptik, und seine heliocentrische Breite b gesucht. In unserer gegenwärtigen elliptischen Hypothese werden wir nun zuerst die Länge des Periheliums von der Länge des Planeten in der Bahn subtrahiren, wodurch wir die mittlere Anomalie m erhalten. Es ist aber die Länge des Perihels für 1810 gleich 89° 15′.18, und die Aenderung desselben für 25 Jahre 28′.92, also die Länge des Perihels für die gesuchte Zeit 89° 44′.10, und daher die mittlere Anomalie m = 111° 21′.9. Sucht man damit, und mit der Größe e = 0.0562, die wahre Anomalie v und den Radius Vector r Saturns, so findet man 2 e Sin m, auf Bogen gebracht, gleich 5° 49′, und a e Cos m = 0.19519, so daß daher die wahre Anomalie des Planeten v = m + 5° 49′ = 117° 11′, und der Radius Vector r = 9.7330 ist. Addirt man dann zu der wahren Anomalie die Länge des Perihels, und subtrahirt von dieser Summe die Länge des Knotens, so erhält man das Argument der Breite u = 94° 43′, wie §. 119, daher man dann aus diesen Größen, so wie dort, die heliocentrische und geocentrische Länge und Breite erhalten wird, weil wir dort schon auf die erst hier gefundene Verbesserung von 5° 49′ Rücksicht genommen haben. Die Aenderung, welche durch die elliptischen Hypothesen in jenen Rechnungen eingeführt wird, bezieht sich also bloß auf die Correction, welche das Argument u der Breite und der Radius Vector r erhält, während alles übrige ungeändert bleibt.

Das Vorhergehende wird genügen, das Verfahren, welches die Astronomen bei ihren Berechnungen der Planeten beobachten, wenigstens im Allgemeinen, kennen zu lernen. Uebrigens ist in dieser elliptischen Hypothese die Uebereinstimmung der Berechnungen mit den Beobachtungen so groß, daß sie mit den Resultaten der älteren Astronomen in keine weitere Vergleichung gebracht werden kann, und daß eben diese Uebereinstimmung von beinahe zahllosen Beobachtungen mit der neuen Theorie der beste Beweis für die Wahrheit der letzteren ist.

§. 144. (Einrichtung der Planetentafeln.) Um die vielen Additionen zur Erhaltung der mittleren Länge der Planeten in der Bahn zu ver-

Digitized by Google

meiden, hat man die mittleren Bewegungen derselben in bequeme Tafeln gebracht. Es wird nicht unangemessen seyn, von der Einrichtung und dem Gebrauche dieser Tafeln hier kurz Nachricht zu geben. — Sie enthalten zuerst die Epochen der mittleren Länge der einzelnen Jahre für den Mittag Wiens, und zwar für den 1sten Januar desselben, wenn es ein Schaltjahr, und für den 31sten December des vorhergehenden Jahres, wenn das gegenwärtige ein gemeines Jahr ist. Hätten nämlich beide Gattungen von Jahren einerlei Epoche, so würde man, da der Schalttag am Ende des Februars angebracht wird, in Schaltjahren alle zehn folgenden Monate des Jahres einen Tag mehr nehmen müssen, da man im Gegentheile jetzt, wo die Epoche des Schaltjahrs schon einen Tag mehr hat, bloß in den beiden ersten Monaten einen Tag weniger zu nehmen braucht, um dieselbe Tafel für beide Jahresarten zu benützen. Ueberdieß geben dieselben Tafeln auch die Epochen der mittleren Längen für den 0ten Tag eines jeden Monats, d. h. für den letzten Tag des vorhergehenden Monats, und endlich die Bewegung der Planeten für die einzelnen Tage, und auch wohl für die einzelnen Stunden, Minuten und Secunden. Dadurch ist man in den Stand gesetzt, die mittlere Länge des Planeten in der Bahn für jede gegebene Zeit eben so sicher als bequem zu erhalten. Um aber auch die oben (§. 143) erwähnten beiden veränderlichen Theile der Bewegung und des Radius Vector des Planeten zu bestimmen, fügt man diesen Tafeln noch zwei andere bei, von welchen die erste die Gleichung der Bahn (§. 141), und die zweite die eben dort erwähnte elliptische Correction des Radius Vector gibt. Setzt man diese beiden Größen, die erste zur mittleren Länge, und die zweite zur halben großen Axe, so erhält man die wahre Länge des Planeten in seiner Bahn, und seine wahre elliptische Distanz von der Sonne, aus welcher man dann wieder, wie in §. 119, das Argument der Breite, die heliocentrische Länge in der Ekliptik, die heliocentrische Breite, und daraus, nach §. 120, auch den geocentrischen Ort des Planeten für jede gegebene Zeit ableiten wird.

Hier folgen solche abgekürzte Tafeln der Sonne und der Venus für den Mittag von Wien.

Digitized by Google

	Jahre.			Monate.			Tage.	
		♀		☉	♀		☉	♀
1834	279°.628	240°.815	0 Februar	30°.555	49°.667	1	0°.986	1°.602
35	279.389	105.607	März	58.153	94.528	2	1.971	3.204
36 ✱	280.136	332.000	April	88.708	144.195	3	2.966	4.807
37	279.897	196.792	Mai	118.278	192.260	4	3.943	6.409
38	179.658	61.584	Juni	148.833	241.927	5	4.928	8.011
						6	5.914	9.613
39	279.419	286.375	Juli	178.402	289.992	7	6.900	11.215
40 ✱	280.466	152.769	August	208.957	339.660	8	7.885	12.817
41	279.927	17.560	Septbr.	239.512	29.317	9	8.871	14.420
42	279.688	242.352	October	269.082	77.392	10	9.857	16.022
43	279.450	107.144	Novbr.	299.637	127.059	20	19.713	32.043
1844 ✱	280.197	333.537	Decbr.	326.206	175.124	30	29.570	48.065

Digitized by Google

Argum.	Gleichung der Bahn.		Correction der mittleren Distanz.		Argum.
	☉	♀	☉	♀	
0°	0°.000	0°.000	0°.0167	0°.0050	360
10	0.327	0.135	0.0165	0.0049	350
20	0.645	0.267	0.0160	0.0047	340
30	0.945	0.390	0.0146	0.0043	330
40	1.217	0.502	0.0130	0.0034	320
50	1.454	0.599	0.0111	0.0032	310
60	1.649	0.678	0.0086	0.0025	300
70	1.795	0.737	0.0060	0.0018	290
80	1.888	0.773	0.0032	0.0009	280
90	1.924	0.786	0.0003	0.0001	270
100	1.902	0.775	0.0026	0.0008	260
110	1.821	0.741	0.0055	0.0016	250
120	1.684	0.684	0.0082	0.0024	240
130	1.494	0.606	0.0107	0.0031	230
140	1.257	0.509	0.0127	0.0038	220
150	0.980	0.396	0.0145	0.0046	210
160	0.672	0.271	0.0158	0.0048	200
170	0.341	0.138	0.0165	0.0049	190
180	0.000	0.000	0.0168	0.0049	180

§. 145. (Erläuterung und Gebrauch dieser Tafeln.) In diesen Tafeln sind die Schaltjahre durch * bezeichnet. Sucht man in einem Schaltjahre den Ort der Sonne oder der Venus für irgend einen Tag der beiden ersten Monate des Jahres, so nimmt man immer einen Tag weniger, oder man geht z. B. in die Tafel mit dem 7ten Februar ein, wenn man eigentlich die Länge der Sonne für den 8. Februar sucht.

Hat man so die mittlere Länge gefunden, so subtrahirt man von ihr bei der Sonne 100°.064, und bei der Venus 309°.178, wodurch man die mittlere Anomalie dieser beiden Himmelskörper erhält, wo man sodann mit den so erhaltenen Zahlen als Argument in die zwei letzten Tafeln eingeht, welche die Gleichung der Bahn und die Correction des Radius Vector geben. Die Gleichung der Bahn ist positiv, wenn das Argument größer als 180° ist, oder sie ist positiv im 3ten und 4ten Quadranten, und negativ im 1sten und 2ten (Einl. §. 32). Die Correction des Radius Vector aber ist positiv im 1sten und 4ten, und negativ im 2ten und 3ten Quadranten, und diese letzte Correction wird mit ihrem Zeichen bei der Sonne zu 1, und bei der Venus zu 0.7233 gesetzt.

Digitized by Google

Vermehrt man endlich die so gefundene, wahre Länge der Sonne um 180°, so erhält man die wahre Länge der Erde.

Ein Beispiel wird den Gebrauch dieser Tafeln deutlich machen. Man suche den Ort der Sonne und der Venus für den 25. Mai 1835 im Mittag Wiens.

Für die Sonne hat man

1835 . . .	279°.389	62.308	
0 Mai . .	118°.278	100.064	
20 Tage . .	19°.713	Arg. = 322.244	
5 Tage . .	4°.928		1
mittlere Länge ☉	= 62°.308	Corr. des Rad. Vect.	+ 0.0133
Gleichung der Bahn	+ 1°.159	ellipt. Radius Vector	1.0133
wahre Länge ☉	63°.467		
	180°		
wahre Länge ♁	243°.467		

Für die Venus hat man eben so

1835 . . .	105°.607	337.921	
0 Mai . .	192°.260	309.178	
20 Tage . .	32°.043	Arg. = 28.74	
5 Tage . .	8°.011		0.7253
mittlere Länge ♀	337°.921	Corr. des Rad. Vect.	+ 0.0044
Gleichung der Bahn	— 0°.375	ellipt. Radius Vector	0.7377
wahre hel. Länge ♀	337°.346 in der Bahn.		

Sucht man daraus die wahre Länge der Venus in der Ekliptik, so findet man, da die Länge des aufsteigenden Knotens 75° 10′.5, und die Neigung der Bahn 3° 23′.5 ist, nach den in §. 119 angeführten Ausdrücken

hel. Länge ♀ in der Ekliptik . 337° 19′.7
und hel. Breite . . . . . 3° 21′.6 südl.

Will man endlich aus diesen heliocentrischen Orten der Erde und der Venus den geocentrischen Ort (§. 114) der Venus finden, so hat man, nach den Ausdrücken §. 120, $r' = 0.72646$ und $C = l - L = 93° 51'.7$, woraus man sofort erhält $\lambda - L = 145° 41'.5$, und daher ist die gesuchte

geoc. Länge der Venus $\lambda = 29° 0'.5$
und die geoc. Breite 1° 54′.9 südl.

§. 146. (Drittes Gesetz Kepler's.) Die zwei oben erwähnten Entdeckungen Kepler's lehrten uns, daß alle Planeten, also auch die Erde, sich in Ellipsen bewegen, in deren einem Brennpunkte die Sonne ist, und sie zeigten uns zugleich das Gesetz, nach welchem sich jeder dieser Himmelskörper in seiner elliptischen Bahn bewegt, indem nämlich die Flächenräume, welche sein Radius Vector durchläuft, der Zeit proportional sind, oder mit der Zeit gleichförmig wachsen. Dieses Gesetz gab uns endlich auch die Mittel an die Hand, den Ort der Planeten in seiner Bahn für jede gegebene Zeit durch Rechnung zu bestimmen.

Diese beiden Gesetze betreffen, wie man sieht, jeden Planeten für sich, indem sie in jedem Punkte seiner Bahn die Krümmung des Bogens und die Geschwindigkeit des Planeten, der in diesem Bogen einhergeht, bestimmen, und sie würden beide selbst dann noch gelten, wenn sich auch nur ein einziger Planet um die Sonne bewegte. Aber nachdem Kepler einmal die Regeln gefunden hatte, denen die Bewegung eines jeden Pla-

Digitized by Google

neten, einzeln betrachtet, unterworfen ist, war ihm auch noch die Existenz eines andern Gesetzes sehr wahrscheinlich, welches für alle Planeten zugleich gehörte, und von welchem diejenige Stellung und Entfernung derselben abhängt, die wir in der That an ihnen bemerken. Er sah bald, daß sie im Allgemeinen desto langsamer um die Sonne gehen, je weiter sie von ihr entfernt sind. So ist z. B. Mars nahe doppelt so weit als Venus von der Sonne entfernt, und wenn beide dieselbe mittlere Geschwindigkeit hätten, so würde auch die Umlaufszeit des Mars nahe das Doppelte von jener der Venus seyn. Aber sie ist nahe dreimal größer, woraus sofort folgt, daß Mars sich in der That auch langsamer bewege, als die der Sonne viel nähere Venus. Durch seine früheren glücklichen Entdeckungen aufgemuntert, suchte er daher auch, von einer Art von Vorgefühl getrieben, das Verhältniß, welches zwischen den Umlaufszeiten und den großen Axen ihrer Bahnen Statt haben soll. Und er suchte volle siebenzehn Jahre, ohne zu ermüden und ohne die Idee aufzugeben, welche er von der Existenz eines solchen Verhältnisses einmal gefaßt hatte.

Schon in einem seiner früheren Werke, in dem Mysterium cosmographicum, das im Jahre 1596 zu Grätz erschien, suchte er die sogenannten harmonischen Verhältnisse, mit welchen bereits die alten Pythagoräer so viel gespielt hatten, auf diese Distanzen der Planeten von der Sonne anzuwenden. Später wollte er ihnen in einem anderen Werke „Harmonice mundi. Linz 1619“ die verschiedenen Längen der Saiten anpassen, welche in der Tonlehre eine Terze, Quarte, Octave u. s. w. geben, fand aber auch diese Idee eben so wenig als die vorhergehende, mit der Natur übereinstimmend. In dem letzten Werke suchte er auch die sogenannten platonischen Körper, den Kubus, das Tetraeder u. s. mit den Zwischenräumen der Planetenbahnen zu vergleichen. Aber auch diese wollten nicht passen, obschon er sich lange genug mit ihnen geplagt hatte. Später verglich er, immer wieder auf seine frühere Muthmaßung zurück kommend, die verschiedenen Potenzen der Zahlen, welche die Umlaufszeiten und die großen Axen bei den Planeten ausdrücken, aber auch hier konnte er nichts Genügendes finden, so daß er endlich nahe daran war, alle seine weiteren Speculationen über diesen ihn schon so lange hinhaltenden Gegenstand gänzlich aufzugeben. Einige Tage nur nach dem letzterwähnten Versuche kam es ihm vor, als hätte er bei diesen Rechnungen, seiner Gewohnheit nach, sich von seiner Ungeduld verführen lassen, zu schnell gerechnet, und sich auch wohl ganz verrechnet. Sogleich nahm er die Sache noch einmal vor, rechnete jetzt bedächtiger, und fand bald, daß sein Verdacht gegen jene ersten Arbeiten nur zu gegründet war. Gleich die ersten Versuche zeigten ihm, daß er das so lange und so mühsam gesuchte Verhältniß endlich einmal gefunden habe. Es war, wie er selbst in seinem Harmonice mundi S. 189 erzählt, am 15ten Mai d. J. 1618, daß er die Freude hatte, seine siebenzehnjährigen Bemühungen durch diese schöne Entdeckung belohnt zu sehen. Er fand, daß sich die Quadrate der sideriſchen Umlaufszeiten der Planeten wie die Würfel der großen Axen ihrer Bahnen verhielten, und dieß ist das dritte und letzte der von ihm entdeckten Naturgesetze. Wir werden die Wichtigkeit desselben weiter unten kennen lernen. Hier mag es uns genügen, zu bemerken, daß es uns das sicherste Mittel darbietet, diese großen Axen selbst, die so schwer zu beobachten sind, aus den so leicht zu bestimmenden Umlaufszeiten (§. 100) abzuleiten. Alle Beobachtungen der zwei letzten Jahrhunderte, die seit der Entdeckung jener drei Gesetze verflossen sind, haben die Genauigkeit derſel-

Digitized by Google

ben in einem so hohen Grade bestätigt, daß fortan Niemand mehr an der Wahrheit derselben zweifeln kann. Sie sind es, die allen Bewegungen der Planeten, auch denen der entferntesten Kometen um die Sonne, so wie den Bewegungen der Satelliten um ihre Hauptplaneten, zu Grunde liegen. Jahrtausende sind vorüber gezogen, und diese Gesetze blieben dem ganzen Menschengeschlechte unlesbar, obschon sie mit Feuerzügen auf dem gestirnten Himmel geschrieben waren, bis es endlich dem Scharfsinne und der unermüdlichen Geduld eines seltenen Mannes gelang, jene Charaktere zu entziffern und dadurch seinem eigenen Namen mit eben so unvergänglichen Zügen an demselben Himmel ein Denkmal zu setzen, ein Denkmal, das dauern wird, wenn andere Monumente von Erz und Stein längst zu Staub geworden, und wenn die Gesetzbücher Justinians und Napoleons längst schon vergessen seyn werden.

§. 147. (Zusammenhang und Wichtigkeit dieser drei Gesetze.) Die Leser werden ohne meine Erinnerung erwarten, daß in diesem eben so einfachen als erhabenen Codex des Himmels die in ihm enthaltenen Gesetze nicht der Willkühr überlassen, oder, wie es wohl in so manchem anderen menschlichen Gesetzbuche der Fall seyn mag, bloß durch einzelne Fälle entstanden, und daher ohne weiteren Zusammenhang unter sich stehen werden. Wir werden in der That später sehen, daß sie alle drei nur der Ausfluß eines einzigen, höchsten Gesetzes sind. Hier aber wird es hinreichen zu zeigen, daß das erste dieser Gesetze nicht nur durch dieses dritte bestätiget werde, sondern daß es zugleich durch dasselbe eine nähere Bestimmung erhalte. Nach dem ersten Gesetze bewegen sich nämlich die Planeten so, daß die Flächen ihrer elliptischen Sectoren der Zeit proportional sind, oder daß diese Fläche, dividirt durch die auf sie verwendete Zeit, für jeden Planeten eine beständige Größe ist. Allein diese beständige Größe ist für jeden Planeten eine andere, und man sieht noch nicht, auf welche Weise diese constanten Größen selbst unter einander zusammenhängen. Betrachtet man aber das erste und dritte Gesetz zugleich, so wird dieser Zusammenhang sogleich klar.

Wenn man durch einen der beiden Brennpunkte S oder S' (Fig. 22) auf der großen Axe AB der Ellipse eine senkrechte Linie errichtet, so heißt diese Linie, so weit sie zu beiden Seiten von der Peripherie der Ellipse begränzt ist, der Parameter der Ellipse, und man findet leicht, daß der halbe Parameter gleich ist dem Quadrate der halben kleinen, dividirt durch die halbe große Axe der Ellipse. Sind nun 2a, 2a' die großen, 2b, 2b' die kleine Axen, 2p, 2p' die Parameter, und f, f' die Oberflächen von zwei Ellipsen, zu welchen die Umlaufszeiten t und t' gehören, so hat man, nach dem ersten Gesetze, in der einen Ellipse $f = Ct$ und in der anderen $f' = C't'$, wo C und C' die zwei erwähnten constanten Größen bezeichnen, die für eine und dieselbe Planetenbahn immer dieselbe bleibt, von einer Bahn zur andern aber verschieden ist, und deren absolute Größe für jede einzelne Bahn hier eben bestimmt werden soll.

§. 148. (Nähere Bestimmung des ersten Gesetzes.) Nach dem dritten Gesetze aber hat man für beide Planeten zugleich $a^3 t'^2 = a'^3 t^2$. Endlich ist, wie bereits oben (§. 139) gesagt wurde, die Oberfläche der ersten Ellipse gleich dem Produkte der Zahl 3.14159 in das Produkt beider Halbaxen, oder es ist $f = 3.14159ab$, und eben so hat man auch für die zweite Ellipse $f' = 3.14159a'b'$, so daß daher das erste Gesetz auch so ausgedrückt werden kann $3.14159\ ab = Ct$ und $3.14159a'b' = C't'$. Vergleicht man aber diese beiden Ausdrücke mit dem oben für das dritte Gesetz gegebenen Ausdruck, so findet man sofort, daß die beiden Con-

Digitized by Google

stanten C und C' sich genau, wie die Quadratwurzeln aus den beiden halben Parametern p und p' der Bahnen verhalten, und daß daher das erste Kepler'sche Gesetz genauer so ausgedrückt werden muß: Die Fläche, welche der Radius Vector des Planeten beschreibt, verhält sich zu der Zeit, in welcher sie beschrieben wird, wie das Produkt von zwei beständigen Größen. Von diesen zwei Größen ist die eine gleich der Quadratwurzel aus dem Semiparameter, und gehört daher jeder einzelnen Planetenbahn ausschließend an; die andere aber ist eine allen Planetenbahnen gemeinschaftliche beständige Größe, die sich leicht bestimmen läßt, wenn man nur die Fläche einer einzigen dieser Planetenbahnen mit ihrem Parameter und der Umlaufszeit des Planeten in dieser Bahn kennt. Drückt man die Umlaufszeiten, wie wir bisher gethan haben, in Tagen und Theilen des Tages aus, so findet man für diese; allen Planeten und Kometenbahnen gemeinschaftlichen Constanten die Größe 0.017202, und sie ist es, die unserem ganzen Sonnensysteme eigenthümlich ist, und gleichsam die Charakteristik dessen bildet, da man sie bei allen Planeten und Kometen, die sich um die Sonne bewegen, wieder findet. Anders verhält es sich mit den Bewegungen derjenigen Gestirne, die sich um andere Centralkörper bewegen. So ist es z. B. mit den vier Satelliten Jupiters, die nicht um die Sonne, sondern um diesen ihren Hauptplaneten gehen, und die daher ein eigenes System bilden, dessen Charakteristik von dem vorhergehenden des eigentlichen Sonnensystems eben so verschieden ist, wie das System, welches unsere Erde mit ihrem Monde bildet *).

---

*) Auf den ersten Blick scheint es, als ob das erste und dritte Gesetz mit einander im Widerspruche wären. Da dieser Einwurf schon öfter vorgebracht worden ist, so wollen wir einen Augenblick dabei verweilen.

Ist f die Oberfläche, a die halbe große Axe und p der halbe Parameter einer Ellipse, und t die Umlaufszeit eines Planeten in dieser Ellipse, so hat man, nach dem ersten Gesetze,

$$f = mt$$

wo m eine constante Größe ist. Nimmt man aber, wie oben (§. 5) die Größe $\pi = 3.14159$, so ist bekanntlich $f = \pi a\sqrt{ap}$. Setzt man diese beiden Werthe von f einander gleich und nimmt man, der größern Einfachheit wegen, die Planetenbahn kreisförmig, also $p = a$, so findet man sofort

$$\frac{t}{a^2} = \frac{\pi}{m}$$

und daraus folgt, daß sich die Umlaufszeiten wie die Quadrate der großen Axen verhalten, was dem dritten Gesetze Kepler's offenbar widerspricht, nach welchem sich die Quadrate der Umlaufszeiten, wie die Würfel der großen Axen verhalten sollen.

Allein das erste Gesetz muß, wie so eben im Texte gesagt, auf folgende Weise ausgedrückt werden:

$$f = M\sqrt{p}.\,t$$

wo M wieder eine constante Größe bezeichnet, so daß daher die Größe $m = M\sqrt{p}$, zwar für einen und denselben Planeten ebenfalls constant aber für verschiedene Planeten verschieden ist. Vergleicht man aber diesen letzten Ausdruck von f mit dem Vorhergehenden $f = \pi a\sqrt{ap}$, so findet man $Mt = \pi . a^{3/2}$

oder was dasselbe ist $a^3.\pi^2 = t^2.M^2$

und dieß stimmt genau mit Kepler's drittem Gesetze überein.

Digitized by Google

Obschon also das erste Gesetz viel allgemeiner ist, als das dritte, indem jenes, wie wir später sehen werden, überhaupt allen Bewegungen, die um einen fixen Punkt Statt haben, oder indem es allen Centralbewegungen zukömmt, während dieses sich nur auf die hier betrachtete specielle Centralbewegung der Planeten in Ellipsen bezieht, so ist doch, und zwar aus eben dieser Ursache, das dritte Gesetz dasjenige, welches den eigentlichen Charakter des Planetensystems ausdrückt, und durch welches alle Körper dieses Systems gleichsam zu einem besondern Staate unter sich verbunden werden. Die Planeten und Kometen, welche die Bevölkerung dieses Staates ausmachen, sind nicht mehr durch bloße Analogie, durch bloße Aehnlichkeit ihres äußern Aussehens, sondern sie sind durch wesentliche Kennzeichen, durch wahre Familienzüge mit einander verbunden, und um sie alle schlingt sich eine Kette der Verwandtschaft und des innigsten Zusammenhanges, die sich von dem Mittelpunkte des großen Reiches bis an seine entferntesten Gränzen erstreckt. Dieses dritte Gesetz lehrt uns zugleich, daß die eigentliche Ursache der Bewegung aller jener Himmelskörper in der Sonne liege, und daß diese Kraft der Sonne, oder wie wir jene Ursache sonst nennen mögen, für alle jene Körper ohne Ausnahme dieselbe seyn müsse. Sie wird zwar durch die Distanzen dieser Körper modificirt, indem sie auf die näheren stärker einwirkt, als auf die entfernteren, aber sie ist unabhängig von der Verschiedenheit der Stoffe, aus welchem diese Körper selbst bestehen mögen. Diese Kraft muß daher sehr verschieden seyn von den magnetischen, electrischen oder chemischen Kräften der Körper, deren Aeußerungen wir auf der Oberfläche der Erde so oft zu beobachten Gelegenheit haben; und von welchen z. B. der Magnet nur auf das Eisen und einige verwandte Körper, aber gar nicht auf alle anderen wirkt, während jene ohne Unterschied auf alle Körper dieselben Wirkungen äußert. Wenn z. B. unsere Erde durch irgend eine Macht plötzlich in die Region Jupiters geführt und dort dieselbe Richtung und Geschwindigkeit, wie jener Planet, erhalten würde, so würde sie auch fortan in derselben Zeit und in derselben Bahn, wie Jupiter selbst, um die Sonne laufen.

§. 149. (Uebersicht des ganzen Planetensystems.) Beschließen wir diesen Gegenstand durch einen allgemeinen Ueberblick dieses Planetensystems, welchen uns dasselbe etwa gewähren würde, wenn wir es von einem sehr entfernten Standpunkte aus betrachten könnten. — In dem Mittelpunkte einer großen Ebene soll eine Kugel von zwei Fuß im Durchmesser die Sonne vorstellen. Um sie, als Mittelpunkt, beschreiben wir mehrere concentrische Kreise. Der erste und nächste an der Sonne, dessen Halbmesser 82 Fuß, ist die Bahn Merkurs, den wir etwa in der Größe eines Senfkorns darstellen können. In dem zweiten Kreise des Halbmessers, 142 Fuß, bewegt sich Venus von der Größe einer Erbse; im dritten von 215 Fuß Halbmesser die nahe eben so große Erde; im vierten von 327 Fuß der im Durchmesser nur halb so große Mars. Dann folgen vier, in ihrer Ausdehnung nur wenig verschiedene Kreise von 500 bis 600 Fuß Halbmesser, in welchen die vier neuen Planeten, Vesta, Juno, Ceres und Pallas gehen, die alle nur die Größe des kleinsten Sandkorns haben. Im neunten Kreis, dessen Halbmesser nahe 1430 Fuß beträgt, ist Jupiter in der Größe einer mäßigen Orange; im zehnten, dessen Halbmesser 2284 Fuß, der etwas kleinere Saturn, und endlich im eilften Kreise, 3900 Fuß im Halbmesser, Uranus, nahe halb so groß, als Saturn. — Ueber diese Gränze hinaus kennen wir keinen Planeten mehr. Von den Kometen aber erreichen noch viele in ihren Aphelien andere, sehr weit außer der Uranusbahn gelegene Gegenden. Der große

Digitized by Google

Komet von dem Jahre 1680, dessen äußerst excentrische elliptische Bah wir noch mit einiger Verläßlichkeit kennen, entfernt sich 44mal weite von der Sonne, als Uranus, oder seine größte Entfernung würde i unserem Modelle 171600 Fuß, also nahe acht deutsche Meilen, betragen Jenseits seiner Bahn aber ist für uns völlig unbekanntes Land, un wir haben bereits oben gesehen, daß der nächste Fixstern von unsere Sonne wenigstens 200000 Erdweiten entfernt ist, eine Distanz, die i unserem Modelle gegen 2000 d. Meilen einnehmen würde.

Allein statt dieser zu sinnlichen und vielleicht schon tändelnden Dar stellung wollen wir die verschiedenen Verhältnisse der Distanzen un Größen der Planeten in Tafeln zusammenstellen, aus denen man de Bau und die Organisation des ganzen Systems mit mehr Genauigkei abnehmen und gleichsam mit einem Blicke übersehen kann.

Umlaufszeiten.

	Siderische	Tropische	Synodische
☿	87.9693	87.9684	115.87
♀	224.7008	224.6955	583.92
♁	365.2564	365.242255	. .
♂	686.9796	686.9297	779.88
☐	1327.7	1327.4	505.0
⚳	1593.8	1593.6	474.0
⚴	1681.4	1681.1	466.5
⚵	1682.5	1682.2	466.5
♃	4332.5963	4330.6105	398.8
♄	10758.9698	10746.7324	378.0
☉	30688.7127	30589.3573	369.7

Digitized by Google

Entfernungen von der Sonne.

	Halbe große Axe, die der Erdbahn = 1	Entfernung von der Sonne in Millionen deutschen Meilen		Entfernung von der Erde in Millionen deutschen Meilen	
		Größte	Kleinste	Größte	Kleinste
☿	0.38710	9.75	7.41	30	10
♀	0.72333	15.20	15.00	35	5
♁	1.	21.23	20.53	. .	. .
♂	1.52369	34.77	28.85	54	7
□	2.3632	53.70	44.93	72	23
♃	2.6704	69.94	41.57	88	19
✱	2.7672	62.31	53.23	81	31
△	2.7683	71.94	43.65	90	21
♄	5.20116	113.83	103.36	130	79
♅	9.53781	210.32	187.95	223	161
♆	19.18318	419.21	381.83	424	348

Durchmesser.

	Durchmesser in d. Meilen.	Durchmesser, den der Erde = 1	Durchmesser, den der Sonne = 1	Scheinbarer Durchmesser von der Erde gesehen	
				Größte	Kleinste
☿	600	0.34	0.003	11″.6	4″.0
♀	1678	0.95	0.009	65″.6	9″.6
♁	1719	1.00	0.009	. .	. .
♂	1000	0.56	0.005	27″.5	3″.7
□	59	0.03	0.003	0″.5	0″.2
♃	308	0.18	0.001	3″.3	0″.7
✱	350	0.20	0.002	2″.3	0″.9
△	452	0.26	0.002	4″.2	1″.0
♄	19980	11.00	0.100	49″.2	29″.9
♅	16290	9.76	0.091	21″.5	15″.5
♆	7488	4.23	0.040	4″.3	3″.5
☉	187800	109.25	1.000	32′ 34″.6	31′ 30″.0

Digitized by Google

Oberfläche und Volum.

	Oberfläche			Volum		
	In Millionen d. Quadrat-Meilen	Die Oberfläche der Erde = 1	Die Oberfläche der Sonne = 1	In Millionen Kubik-Meilen	Volum der Erde = 1	Volum der Sonne = 1
☿	1.07	0.12	0.00001	104.5	0.04	0.00000003
♀	8.38	0.90	0.00007	2280.0	0.85	0.00000007
♁	9.28	1.00	0.00008	2660.0	1.00	0.0000007
♂	2.91	0.32	0.00003	467.0	0.18	0.0000002
□	0.01	0.001	0.0000001	0.104	0.00004	. .
☾	0.29	0.03	0.000003	14.56	0.005	
☋	0.37	0.04	0.000003	212.50	0.008	. .
△	0.61	0.07	0.000005	44.60	0.017	. .
♃	1124.24	121.12	0.0106	3500000	1333.1	0.0011
♄	883.37	95.17	0.0072	2500000	928.5	0.0006
☉	106.07	17.92	0.0015	201000	75.8	0.00006

Digitized by Google

Mittlere Geschwindigkeiten während einer Zeitsecunde.

	Jährliche		Tägliche des Aequators
	In Par. Fuß.	In d. Meilen	In Par. Fuß.
☿	152448	6.7	504
♀	111525	4.9	1430
♁	94850	4.7	1422
☽	76840	3.4	798
♂	61700	2.7	. .
☿	58040	2.6	. .
☽	57026	2.5	. .
☿	57000	2.5	. .
△	41590	1.7	39070
♄	30710	1.3	33500
☉	21650	1.0	21650

Kapitel X.

Nächste Folgen der elliptischen Bewegung der Planeten.

§. 150. (Bestimmung der Excentricität der Planetenbahnen.) Nach dem ersten Gesetze Kepler's (§. 139) sind die Flächen, welche der Radius Vector des Planeten beschreibt, der Zeit proportional. Wäre die Bahn desselben ein Kreis und die Sonne im Mittelpunkte dieses Kreises, so würden diese Flächen auch zugleich den Winkeln der Radien an der Sonne proportional, oder die Bewegung der Planeten würde gleichförmig seyn. Die Ungleichheiten, die man in der heliocentrischen Bewegung dieser Körper bemerkt, sind daher eine bloße Folge der Excentricität ihrer elliptischen Bahnen.

Vergleichen wir den Gang des wahren Planeten P (Fig. 23) in der Ellipse mit dem schon in §. 141 betrachteten imaginären oder mittleren Planeten M, der sich in einem Kreise BM, dessen Mittelpunkt die

Digitized by Google

Sonne ist, gleichförmig und so bewegt, daß er mit dem wahren Planeten immer zugleich durch die große Axe in B' und A' geht, dessen Bewegung daher die mittlere Bewegung des wahren Planeten, und dessen Umlaufszeit gleich der des wahren Planeten seyn wird. Während sich also der mittlere Planet M in seinem Kreise gleichförmig bewegt, geht der wahre Planet P in der Ellipse ungleichförmig und zwar so fort, daß die Fläche BPS des elliptischen Sectors in jedem Tage um dieselbe Größe wächst. Da die Bewegung des wahren Planeten zur Zeit seines Durchgangs durch das Perihelium B am größten ist (§. 129), so wird er anfangs vor dem mittleren Planeten voraus, oder die Gleichung der Bahn, d. h. der Winkel MSP (§. 142) wird positiv seyn, während sie im Perihelium selbst gleich Null gewesen ist. Da diese Gleichung aber im Aphelium A ebenfalls verschwindet, weil dann die beiden Planeten, der eine in A, der andere in A', zu gleicher Zeit durch die große Axe gehen, so muß es zwischen diesen beiden Punkten A und B einen dritten geben, wo die Gleichung der Bahn am größten ist. Der eigentliche Werth dieser größten Gleichung des Mittelpunkts wird bloß von der Excentricität e der Bahn abhängen, und man wird daher auch umgekehrt, wenn man diese größte Gleichung m kennt, daraus die Excentricität e finden können. Die Geometrie zeigt, daß e nahe gleich ist der Größe 0.000002424 m, wenn m in Secunden ausgedrückt wird, und e eine sehr kleine Größe ist. Dieß gibt ein Mittel, die Excentricität der Bahnen aus der größten Gleichung derselben zu finden, da sich die letztere leicht beobachten läßt. Für die Erde hat man z. B. nach den Tafeln des §. 144 die Größe $m = 1°.927 = 6937''$ und daher $e = 0.0168$ für das Verhältniß der Excentricität zur halben großen Axe der Erdbahn, wie wir auch schon §. 135 gefunden haben.

Auch wird es zwischen diesen beiden Punkten A und B einen andern geben, in welchem die Geschwindigkeit des wahren Planeten jener des mittleren gleich ist, von welchem Punkte aus dann die Bewegung des wahren Planeten immer kleiner wird, bis sie endlich im Aphelium selbst am kleinsten ist. Aehnliche Bemerkungen wird man auch über die zweite Hälfte AVB der Bahn machen, in welcher die Gleichung der Bahn negativ, oder in welcher der mittlere Planet vor dem wahren voraus ist, während er in der ersten Hälfte BPA hinter dem wahren Planeten zurück bleibt.

Es wurde übrigens schon oben (§. 142) bemerkt, daß diese Größe e mit der Zeit Aenderungen, obschon in der That sehr kleinen Aenderungen unterworfen ist. Bei der Erdbahn z. B. ist diese Größe jetzt gleich 0.0168, und sie nimmt mit jedem Jahrhundert um 0.000042 ab, aber nur bis zu einer gewissen Gränze, nämlich bis zu 0.0039, welche Gränze sie aber erst in nahe vier und zwanzig tausend Jahren erreichen, und dann wieder durch viele Jahrtausende zunehmen wird. Wir werden weiter unten den sehr merkwürdigen Einfluß kennen lernen, welche diese Aenderung der Excentricität der Erdbahn auf die Bewegung unseres Mondes hat. Uebrigens ist diese säculäre Abnahme der Excentricität von 0.000042 in Theilen der halben großen Axe der Erdbahn sehr gering, da sie in einem Jahre noch nicht neun d. Meilen, also in einem Tage nur 540 Fuß beträgt. Noch viel geringer ist die Aenderung der Excentricität der Merkursbahn, die in 100 Jahren nur 0.000004 Theile der Halbaxe dieser Planetenbahn, also in einem Tage nur zwanzig Fuß beträgt. Diese Bewegungen gehören daher zu den langsamsten, die wir am Himmel bemerken, und sie bilden einen auffallenden Contrast mit

Digitized by Google

der Geschwindigkeit des Lichtes, von welcher wir bereits oben gesprochen haben.

§. 151. (Bestimmung der Lage der Apsidenlinie.) So wie wir die Excentricität der Planetenbahnen aus der Beobachtung der größten Gleichung des Mittelpunktes gefunden haben, welche Gleichung immer nahe in der Mitte zwischen den beiden Apsiden statt hat, so werden wir nun auch die Lage der großen Axe selbst aus denjenigen Punkten A und B der Bahn ableiten können, wo man die größte und die kleinste heliocentrische Geschwindigkeit oder auch den größten und kleinsten scheinbaren Durchmesser derselben, wie er von der Sonne gesehen wird, beobachtet. Da aber diese Beobachtungen keine große Schärfe gewähren, so wird es besser seyn, unter den Beobachtungen, die man eine ganze Umlaufszeit durch z. B. an der Sonne angestellt hat, diejenigen zwei herauszusuchen, die genau ein halbes Jahr von einander entfernt sind, und für welche die beiden Längen der Erde um 180 Grade verschieden sind. An der Vereinigung dieser beiden Eigenschaften erkennt man nämlich, daß die Erde in ihren Apsiden gewesen seyn muß; für jede andere gerade durch die Sonne S gehende Linie ΩΥ wird nämlich die Differenz der beiden Längen der Erde in Ω und in Υ zwar ebenfalls 180 Grade betragen, aber die Zeit durch den Bogen ΩPΥ wird beträchtlich kürzer seyn, als die durch ΥVΩ, weil in jenen Bogen das Perihelium, in diesem aber das Aphelium der Erde liegt, oder weil jener Bogen mit einer größeren Geschwindigkeit, als dieser, von der Erde beschrieben wird.

Vergleicht man zwei solche Beobachtungen der Apsiden, die durch mehrere Jahrhunderte von einander getrennt sind, so findet man, daß die Länge des Periheliums, also auch die des Apheliums, aller Planetenbahnen mit der Zeit immer größer wird. Die Tafel des §. 142 gibt diese Aenderung der Apsiden für die einzelnen Bahnen. Die Länge des Periheliums der Erdbahn z. B. wächst in jedem Jahre um 0°.0127. Wenn also die Erde, am Ende eines Jahres, wieder in dem Punkte ihrer Bahn ankömmt, wo am Anfange ihres Jahrs ihr Perihelium war, so wird sie noch 0°.0172 zurücklegen müssen, um auch jetzt ihr Perihelium wieder zu erreichen. Die Zeit, welche sie dazu braucht, wird $\frac{0.0172}{360}$ multiplicirt durch das tropische Jahr oder durch 365.24225, das heißt, diese Zeit wird 0.017487 Tage betragen. Die Erde wird also diese Zeit mehr brauchen, um ihre Umlaufszeit um die Sonne, in Beziehung auf ihr Perihelium zurückzulegen oder, wie man sagt, das anomalistische Jahr der Erde wird 365.24225 + 0.017487, das heißt 365.259737 Tage betragen. Noch genauer wird man die anomalistische Revolution der Erde sowohl als auch die aller andern Planeten nach der in §. 123 gegebenen Vorschrift finden.

Da übrigens die große Axe der Erdbahn um den Mittelpunkt der Sonne, wie wir gesehen haben, in jedem Jahre in Beziehung auf den Frühlingspunkt den Winkel 0°0172 zurücklegt, so wird ihre ganze Umdrehungszeit um die Sonne, während welcher sie einen Winkel von 360 Graden in Beziehung auf den Frühlingspunkt beschreibt, sehr nahe 20930 Jahre betragen.

§. 152. (Folgen der Bewegung der Apsiden.) Die Länge des Periheliums der Erde ist für den Anfang dieses Jahrhunderts, nach §. 142, gleich 99.6 Grade, und die jährliche Bewegung desselben in Beziehung auf die Aequinoctien ist 0°.0172.

Bezeichnen daher die zwei auf einander senkrechten Linien ♈♎ (Fig. 24) die Aequinoctial- und ♋♑ die Solstitiallinie (Einl. §. 22 II.), in

Digitized by Google

deren Durchschnittspunkte O wir uns die Sonne vorstellen, so wird di elliptische Bahn der Erde für den Anfang dieses Jahrhunderts die in de Zeichnung angegebene Lage haben, wo B das Perihelium und A da Aphelium, also AB die große Axe der Erdbahn ist. In dieser Bahn is die Erde zur Zeit des Frühlingsanfangs in demjenigen Punkte, wo di Ellipse von der Linie O♎ geschnitten wird, und eben so ist sie im An fange des Sommers, des Herbstes und des Winters der nördlichen He misphäre in denjenigen Punkten, wo die Ellipse von den Linien O♋, O♈ und O♑ geschnitten wird, welche vier Punkte die Erde (nach §. 86) i der genannten Ordnung zur Zeit des 21sten März, 21sten Junius, 23ste Septembers und 21sten Decembers einnimmt. Wird die Ebene des Aequa tors durch die des Papiers vorgestellt, so wird diese Ebene von jener de Ekliptik, in welcher die Erdbahn liegt, in der Linie ♎♈ und zwar so ge schnitten, daß der Theil der Ellipse, der von ♎♈ gegen ♋ zu liegt, über, der andere, gegen ♑ zu liegende Theil aber unter der Ebene des Papiers liegt. In jenem Theile, der auch das Perihelium enthält, ist die Erde zur Zeit unseres Winters, d. h. vom Anfang des Herbste bis zum Anfang des Frühlings, und in dem andern Theile hält sie sic zur Zeit unseres Frühlings und Sommers auf, so daß also, wie ma sieht, die Erde im Winter der Sonne näher steht, als im Sommer.

Da nun die Bewegung der Erde im Perihelium am schnellsten un im Aphelium am langsamsten ist, so ist klar, daß jetzt Frühling un Sommer zusammengenommen etwas länger dauern, als Herbst un Winter. Der Unterschied beträgt in unserem Jahrhundert nahe ach Tage. Berechnet man nämlich mittelst der in §. 144 gegebenen Son neutafel die Tage des Jahres, an welchen die Länge der Sonne gleic 0, 90, 180 und 270 Grade beträgt, so erhält man die Dauer einer jede der vier Jahreszeiten. Man findet so die Zeit von dem Augenblicke, w die Sonne im Frühlingsäquinoctium ist, bis zu dem, wo sie in da Sommersolstitium (§. 86) tritt, oder die Dauer des Frühlings auf de nördlichen Hemisphäre gleich 92.91 Tage, und eben so dauert jetzt de Sommer 93.57, der Herbst 89.70 und der Winter 89.07 Tage. Di Summe der beiden ersten beträgt 186.48 und die der beiden letzten 178.7 Tage, also 7.71 Tage weniger, als die erste Summe. Diese länger Dauer der beiden wärmeren Jahreszeiten wird bestehen, so lange da Perihelium der Erde auf derjenigen Seite der Aequinoctiallinie ♎♈ bleibt, wo es jetzt ist. Aber in der Folge der Zeiten wird sich dieses Verhält niß umkehren, und dann wird die kältere Jahreszeit die längere seyn

§. 153. (Dauer der Jahreszeiten in verschiedenen Jahrhunderten.) Wi haben bereits oben (§. 142) gesehen, daß die Elemente aller Planeten bahnen mit der Zeit veränderlich sind, mit Ausnahme der großen Axe die, wie wir später zeigen werden, immer dieselbe bleibt. Allein die Aenderungen sind sämmtlich sehr gering, und überdieß in gewisse Perio den eingeschlossen, während welchen sie, meistens zwischen sehr enge Gränzen, auf und ab gehen, wie die Schwingungen eines Pendels, ohn jene Gränzen je zu überschreiten. Beispiele solcher periodischen Aende rungen haben wir schon oben bei der Abnahme der Schiefe der Ekliptik und erst in diesem Kapitel (§. 150) bei der Aenderung der Excentricität der Erdbahn gefunden.

Bloß die Bewegung der Apsiden macht davon eine Ausnahme. Zwa gehen auch sie bald langsamer, bald geschwinder, aber doch zugleich im mer nach derselben Richtung fort, so daß sie in keine bestimmte Gränzen eingeschlossen sind, und allmählig, wenn gleich in Perioden vo vielen Jahrtausenden, endlich den ganzen Himmel durchwandern. Wi

Digitized by Google

werden weiter unten auf diesen sehr interessanten Gegenstand wieder zurückkommen. Hier wird es genügen, die Lage unserer Erdbahn zu den verschiedenen Epochen unserer Menschengeschichte etwas genauer zu betrachten.

Die Länge des Periheliums der Erde beträgt für den Anfang dieses Jahrhunderts 99.6 Grade. Nach den Beobachtungen wächst die Länge desselben während jedem Jahrhundert in Beziehung auf die Fixsterne um 0.3276 Grade. Addirt man dazu die säculäre Aenderung des Frühlingspunktes, die nach dem oben Gesagten 1.3947 Grade beträgt, so erhält man die säculäre tropische Aenderung des Periheliums 1.72 Grade, übereinstimmend mit der Tafel des §. 142.

Rechnet man mit dieser jährlichen Bewegung von 1°.72 zurück, in die Zeit, wo die Länge des Periheliums gleich 0° war, so findet man für diese Zeit 5800 Jahre, oder mit andern Worten: gegen das Jahr 4000 vor Chr. G. fiel das Perihelium B der Erdbahn in die Linie ♈♑ der Herbstnachtgleiche. Damals war also die große Axe dieser Bahn in der Linie der Nachtgleichen, und die kleine Axe derselben mußte daher mit der Solstitiallinie ♋♑ parallel seyn. Für diese Zeit war also auch die Dauer der beiden wärmern Jahreszeiten jener der kältern völlig gleich. Es ist auffallend, daß die meisten unserer Chronologen die Zeit der Entstehung der Erde, oder, wie man vielleicht angemessener sagen sollte, die Zeit der ersten Spuren des Menschengeschlechtes auf unserer Erde, in jene Epoche gesetzt haben.

Zur Zeit Hipparchs, 140 Jahre vor Ch. G., war die Länge des Periheliums 66 Grade und fiel daher in den Winkel ♈0♋, während das Aphelium in dem Winkel ♎0♑ lag. Zu jener Zeit betrug, nach den Beobachtungen dieses großen Astronomen, die Dauer des Frühlings 94.5 und die des Sommers 92.5 Tage, so daß also der Frühling länger war, als der Sommer, so wie auch der Winter länger dauerte, als der Herbst, während jetzt das Gegentheil statt findet.

Im Jahre 1250 nach Chr., zur Zeit Friedrichs des II. oder während dem letzten Kreuzzuge unter Ludwig IX., betrug die Länge des Perihels 90 Grade und fiel daher in die Linie 0♋ des Wintersolstitiums, so daß also die große Axe der Ellipse in der Linie ♋♑ und die kleine in ♈♎ lag. Die Aequinoctiallinie ♈♎ theilte damals die Ellipse in zwei ungleiche Theile, und die Mitte des kleineren Theiles nahm das Perihelium ein, daher auch dieser Theil in einer viel kürzeren Zeit zurückgelegt wurde, als der andere, weil der Umfang jenes Theiles schon an sich kleiner war, und überdieß von der Erde mit einer größeren Geschwindigkeit durchlaufen wurde. Die beiden kälteren Jahreszeiten waren also damals beträchtlich kürzer, als die Summe der beiden wärmern, obschon der Frühling mit dem Sommer, so wie auch der Herbst mit dem Winter eine und dieselbe Dauer hatte.

Nach 4670 Jahren von dem Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts, d. h. im Jahre 6470 nach Ch. wird die Länge des Periheliums 180 Grade betragen, und die Ellipse der Erdbahn wird dann eine Lage haben, welche jener um das Jahr 4000 vor Ch. G. ganz entgegengesetzt seyn wird. Dann wird nämlich das Perihelium in die Linie 0♎, das Aphelium in ♈0 fallen und die kleinere Axe der Ellipse wird mit der Solstitiallinie ♋♑ parallel seyn. Nach dieser Epoche wird das Perihelium in den Winkel ♎0♑ treten, und die Dauer des Frühlings und des Sommers zusammengenommen, wird kürzer werden, als die des Herbstes und Winters.

Alle diese Erscheinungen könnten nicht statt haben, wenn die Bahn

Digitized by Google

der Erde ein Kreis, und die Bewegung der Erde in demselben gleichförmig wäre. Die Excentricität der Erdbahn, so gering sie auch, in Beziehung auf die Axe derselben, ist, hat doch einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Dauer der Jahreszeiten, einen Einfluß, den wir zwar, während der kurzen Zeit eines Menschenlebens, nicht bemerken, der sich aber mit der Folge von Jahrhunderten immer mehr entwickeln und endlich auch selbst den Bewohnern der Erde fühlbar werden mag.

§. 154. (Zeitbestimmung. Sternzeit.) Die bisher betrachtete Bewegung der Erde, um sich selbst sowohl, als auch um die Sonne, ist zugleich die Grundlage aller unserer Zeitrechnungen, eines der wichtigsten Elemente des bürgerlichen sowohl, als auch des wissenschaftlichen Lebens, daher sie hier eine besondere Rücksicht verdient.

Wir nennen bekanntlich Zeit den Eindruck, welchen eine Reihe von aufeinander folgenden Ereignissen auf unser Gedächtniß macht. Gewöhnlich messen wir sie durch die Bewegung irgend eines Körpers, von welchem wir voraussetzen, daß die Geschwindigkeit desselben immer dieselbe ist. Bei der Bewegung des Pendels z. B. haben wir diese Eigenschaft bemerkt, daher man dasselbe auch bei unsern Uhren allgemein zum Zeitmaße angewendet hat.

Aber auch am Himmel bemerken wir mehrere solche Bewegungen, die, allen unsern, selbst den genauesten Erfahrungen zu Folge, völlig gleichförmig vor sich gehen, und daher zur Zeitbestimmung sehr geschickt sind. Dahin gehören vor allen die Rotationen der Planeten, und unter diesen besonders die tägliche Rotation der Erde um ihre Axe, die, der Theorie und den Beobachtungen gemäß, völlig gleichförmig und seit den ältesten Zeiten immer dieselbe ist.

Man erkennt diese Bewegung der Erde an den Fixsternen, die ihren Ort am Himmel nicht ändern und sich doch, in Folge jener Drehung der Erde, täglich um uns zu bewegen scheinen, und man sagt, daß ein Tag vollendet ist, wenn ein solcher Fixstern für uns wieder an demselben Punkte, z. B. für einen fixen Standpunkt des Auges, an derselben Thurmspitze erscheint, an welcher er gestern erschienen ist. Diese Zeit eines ganzen Tages pflegt man dann in 24 gleiche Theile einzutheilen, die man Stunden nennt, deren jede wieder 60 Minuten, und jede Minute 60 Secunden hat, und diese kleineren Theile des Tages sind es eben, welche wir durch die oben erwähnten Pendel, d. h. durch unsere Uhren, zu messen pflegen.

Da hier von der scheinbaren Bewegung des Himmels, d. h. von der wahren täglichen Bewegung der Erde, die Rede ist, und da diese um die Axe der Erde, oder parallel mit dem Aequator, vor sich geht, so kann man auch sagen, daß der Tag die Zeit ist, in welcher jeder Punkt des Aequators seinen ganzen Umkreis oder volle 360 Grade um den Mittelpunkt der Erde zurücklegt, so daß daher in einer Stunde 15 Grade, in einer Zeitminute 15 Raumminuten, und in einer Zeitsecunde 15 Raumsecunden des Aequators durch den Meridian gehen.

Gewöhnlich wählt man zu diesem Zwecke unter den fixen Punkten des Himmels denjenigen, welchen eben der Frühlingspunkt einnimmt. Dieser Punkt ist zwar, wie wir bereits gesehen haben, selbst nicht ganz unbeweglich, aber seine Bewegung ist so langsam und gleichförmig, daß man, wenigstens bei dieser ersten Betrachtung des Gegenstandes, sie ganz außer Acht lassen kann.

Wir sagen also, daß der Sterntag gleich ist der Zwischenzeit zwischen zwei nächsten Durchgängen des Frühlingspunktes durch den Meridian, und daß, für einen jeden Ort der Erde, dieser Tag in dem

Digitized by Google

Augenblicke anfängt und endet, in welchem der Frühlingspunkt durch den Meridian dieses Ortes geht. Eine Stunde nach dieser Culmination hat jeder Punkt des Aequators, also auch der Frühlingspunkt selbst, den 24sten Theil seines Umkreises zurückgelegt, oder der Stundenwinkel (Einl. §. 19) dieses Punktes ist gleich einer Stunde, oder gleich 15 Graden, und eben so wird in 2, 3, 4 Stunden nach der Culmination dieses Punktes der Stundenwinkel desselben 2, 3, 4 Stunden, oder 30, 45, 60 Grade betragen u. s. w., so daß man daher kurz sagen kann: der Sterntag ist die Zeit zwischen zwei nächsten Culminationen des Frühlingspunktes, und die Sternzeit eines jeden solchen Tages ist der Stundenwinkel dieses Frühlingspunktes (Einl. §. 28.).

§. 155. (Mittlere und wahre Sonnenzeit.) Allein wir sind von jeher gewöhnt, die Sonne als das eigentliche Maß unserer Zeit zu betrachten, wie sie sich denn auch in der That ganz vorzüglich dazu eignet. Durch die tägliche Abwechslung von Licht und Schatten gibt sie uns den Tag und die Nacht, welche beide zusammen den Tag, im weitern Sinne des Worts, bilden, und eben so gibt sie uns, durch ihre Wiederkehr zu dem Frühlingspunkte, die Abwechslung der vier Jahreszeiten, welche zusammen unser Jahr ausmachen.

Wir werden daher, analog mit dem Vorhergehenden, sagen: der Sonnentag ist die Zeit zwischen zwei nächsten Culminationen der Sonne, und die Sonnenzeit eines jeden Ortes ist der Winkel, welchen die Sonne seit ihrem letzten Durchgang durch den Meridian dieses Ortes, in Beziehung auf den Aequator, zurückgelegt hat, d. h. die Sonnenzeit eines jeden Augenblicks ist der Stundenwinkel der Sonne für denselben Augenblick.

Allein hier begegnen wir sogleich einer Schwierigkeit, die wir, ehe wir weiter gehen, zu entfernen suchen müssen.

Die Zeit geht gleichförmig fort und kann daher auch nur durch solche Bewegungen gemessen werden, die ebenfalls gleichförmig vor sich gehen, wie wir bereits oben (§. 154) gesagt haben. Die Sonne aber geht, wie wir aus dem IX. Kapitel von ihrer elliptischen Bewegung wissen, bald langsamer, bald geschwinder in ihrer Bahn fort, und sie kann daher eigentlich nicht als Zeitmesser gebraucht werden. Ja selbst, wenn sie in der Ekliptik immer mit derselben Geschwindigkeit fortginge, so würde doch diese ihre in der Ekliptik gleichförmige Bewegung, in Beziehung auf den Aequator, wieder ungleichförmig erscheinen, und da wir, wie gesagt, die Zeit auf dem Aequator oder durch die Bewegung des Aequators, messen, so würde die Sonne auch dann nicht als Zeitmaß gebraucht werden können, wenn sie selbst eine an sich vollkommen gleichförmige Bewegung hätte. Die Tage, die Stunden des einzelnen Tags, und selbst die kleinen Theile desselben, würden in verschiedenen Jahreszeiten nicht mehr dieselbe Dauer haben, und das Maß, mit dem wir die Zeit bestimmen wollten, würde selbst ungleich und veränderlich, und daher zu allen Zeitmessungen, in welchen nur einige Genauigkeit erfordert wird, unbrauchbar seyn.

Dem ungeachtet dringt sich uns diese Sonne gleichsam zum Zeitmaße auf, und sie ist überdieß, seit den ältesten Zeiten, so allgemein als ein solches gebraucht worden, daß wir nicht umhin können, zuzusehen, ob sich jene Unregelmäßigkeiten ihrer Bewegung, die wir aus der Natur selbst nicht wegschaffen können, vielleicht doch durch Rechnung umgehen lassen mögen.

§. 156. (Zeitgleichung.) Die Sonne eignet sich also, so wie sie ist, nicht zur Zeitbestimmung, weil sie erstens, wegen ihrer elliptischen Bahn,

Digitized by Google

eine ungleichförmige Bewegung hat, und weil diese Bewegung zweitens, selbst wenn sie gleichförmig wäre, in Beziehung auf den Aequator, in welcher Beziehung wir allein die Zeit messen, doch wieder ungleichförmig erscheinen würde. Würde sich die Sonne, statt in einer Ellipse, in einem Kreise, also gleichförmig bewegen, und würde dieser Kreis selbst in der Ebene des Aequators liegen, so würden beide Hindernisse wegfallen, und die Sonne würde ganz eben so gut, wie oben der Frühlingspunkt, zur Messung der Zeit gebraucht werden können.

Wir haben uns aber schon oben (§. 138 und 140), wo wir einem ähnlichen Hindernisse begegneten, bei der Bestimmung des Orts der Erde oder der Sonne in ihrer elliptischen Bahn, eines Mittels bedient, das wir, mit einer kleinen Veränderung, auch hier wieder anwenden können. Wir haben uns nämlich zu jenem Zwecke eine imaginäre Sonne, eine mittlere Sonne, wie wir sie §. 140 nannten, vorgestellt, welche die Eigenschaft hat, daß sie in derselben Ebene der Ekliptik, wie die wahre Sonne, aber gleichförmig um die Erde, und zwar so gehe, daß sie mit der wahren Sonne immer zugleich in den beiden Punkten der Apsidenlinie eintreffe, also auch mit der wahren Sonne dieselbe Umlaufszeit habe. Mit Hilfe dieser mittleren Sonne, deren Ort in der Ekliptik, oder deren Länge wir dort für jede Zeit durch eine einfache Addition gefunden haben, wurde es uns leicht, durch eine kleine Rechnung auch den, nie weit von jenem entfernten Ort der wahren Sonne aufzufinden.

Denken wir uns nun noch eine zweite mittlere Sonne, welche ebenfalls gleichförmig, aber in der Ebene des Aequators einhergeht, und welche immer zugleich mit jener ersten, mittleren Sonne durch die beiden Punkte der Nachtgleichen geht, deren Umlaufszeit also wieder dieselbe, wie jene der beiden andern Sonnen, ist. Dieß vorausgesetzt, wird es sehr leicht seyn, den Ort dieser zweiten mittleren Sonne im Aequator, d. h. ihre Rectascension für jeden Augenblick anzugeben. Diese Rectascension wird nämlich offenbar gleich der Länge der ersten mittleren Sonne seyn, und diese letzte erhält man sofort aus der Tafel des §. 144. So haben wir z. B. für den 10. Julius des Jahres 1836 im Mittag Wiens

1836 . . .	280°.136
0 Juli . .	178°.402
10 Tage . .	9°.857
	108°.395

oder die gesuchte Rectascension der zweiten mittleren Sonne für diesen Augenblick ist 108°.395 oder durch 15 dividirt, um sie auf Zeit zu bringen, 7 St. 13′ 35″.

Dieser Punkt des Aequators also, den die zweite mittlere Sonne einnimmt, und den man für jeden Augenblick so leicht finden kann, dieser Punkt wird es seyn, dessen Stundenwinkel die mittlere Sonnenzeit für diesen Augenblick angeben wird.

Welches wird aber der Punkt des Aequators seyn, welchem in demselben Augenblick die wahre Sonne entspricht, d. h. derjenige Punkt, der in diesem Augenblick von dem Declinationskreise der wahren Sonne getroffen wird? — Man wird diesen Punkt kennen, wenn man die Rectascension der wahren Sonne kennt. Diese Rectascension aber wird man leicht finden, wenn man einmal die Länge der wahren Sonne weiß, und diese letzte findet man durch dieselbe Tafel des §. 144, wenn man an die bereits gefundene mittlere Länge 108°.395 die Gleichung der Bahn anbringt. Man hat nämlich, nach §. 145, das Argument 108.395 —

Digitized by Google

100.064 = 8.331, mit welchem man die Gleichung der Bahn 0.273, und daher die wahre Länge der Sonne gleich 108°.122 findet.

Kennt man aber die Länge der wahren Sonne, so ist es leicht, daraus auch die Rectascension derselben abzuleiten. Es ist nämlich die Tangente der Länge multiplicirt mit dem Cosinus der Schiefe der Ekliptik (23° 28′) gleich der Tangente der Rectascension, welche letzte man daher hier gleich 109°.63, oder in Zeit gleich 7 St. 18′ 32″ findet.

Und dieser letzte Punkt des Aequators, der um 7 St. 18′ 32″ vom Frühlingspunkte absteht, und der die Rectascension der wahren Sonne für den gegebenen Augenblick (1836, Juli 10) bestimmt, dieser Punkt wird es seyn, dessen Stundenwinkel die wahre Sonnenzeit für jenen Augenblick angeben wird. Der Unterschied zwischen diesen beiden Punkten des Aequators, d. h. also: die Rectascension der wahren Sonne, weniger der Länge der zweiten mittleren Sonne, oder hier die Zahl $7^h\ 18'\ 32'' - 7^h\ 13'\ 35'' = 4'\ 57''$, diese Zahl wird auch zugleich der Unterschied zwischen der wahren und zwischen der mittleren Sonnenzeit für jeden Augenblick seyn. Man nennt diesen Unterschied die Zeitgleichung, und addirt ihn mit seinem Zeichen zur wahren Zeit, um die mittlere Zeit zu erhalten.

Es ist also sehr leicht, die Zeitgleichung für jeden gegebenen Augenblick durch eine einfache Rechnung, und daher auch die wahre Zeit für jede gegebene mittlere Zeit, und umgekehrt, zu erhalten. Die Astronomen haben auch dafür eigene Tafeln entworfen, durch welche diese Verwandlungen der beiden Zeiten noch erleichtert werden. Auch findet man in den astronomischen Ephemeriden derselben diese Zeitgleichung, oder den sogenannten Stand der Uhren, für jeden Mittag des Jahres angegeben, woraus man sie dann auch leicht für jede zwischen diese Mittage fallende Zeit berechnen kann.

§. 157. (Gebrauch der astronomischen Uhren.) Die wahre Zeit ist Gegenstand der Beobachtung, weil diese nur an der wahren Sonne angestellt werden kann. Die mittlere Zeit hingegen kann nicht unmittelbar durch Beobachtung gefunden, sondern aus dieser nur durch Rechnung abgeleitet werden. Im Augenblicke, wo man die wahre Sonne durch den Meridian seines Ortes gehen sieht, hat der wahre Mittag statt, oder es ist 12^h an diesem Orte. Hat man diese Culmination der Sonne am 10. Julius 1836 zu einer Zeit beobachtet, wo die dazu gebrauchte Uhr z. B. $12^h\ 2'\ 30''$ gab, so sagt man, die Uhr ging für diesen Augenblick zu früh um 2′ 30″ gegen wahre Zeit, und da, nach dem Vorgehenden, für die Zeit dieses wahren Mittags die mittlere Zeit $12^h\ 4'\ 57''$ seyn soll, so kann man auch sagen, die Uhr ging in diesem Augenblicke zu spät um 2′ 27″ gegen mittlere Zeit.

Die älteren Astronomen gebrauchten durchgängig die Vergleichung ihrer Uhren mit der wahren Sonnenzeit, und dieser Gebrauch war auf dem Festlande Europa's noch vor wenigen Jahrzehnten üblich. Die englischen Astronomen führten seit Bradley, d. h. seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts, die mittlere oder eigentlich, wie wir bald sehen werden, die Sternzeit (§. 154) bei ihren Beobachtungen ein, indem sie, wie in der vorhergehenden zweiten Vergleichung, den Stand ihrer Uhren unmittelbar mit einer dieser beiden letzten Zeiten verglichen, und dieß ist allerdings besser, da diese Zeiten gleichförmig fortschreiten, was bei der wahren Sonnenzeit nicht der Fall ist. Wenn man aber die Uhren unmittelbar mit der wahren Zeit vergleicht, so wird man, selbst wenn die Uhr ganz gut, d. h. völlig gleichförmig geht, für die aufeinander folgenden Mittage ungleiche Correction der Uhr erhalten.

Digitized by Google

Nehmen wir an, man hätte durch drei auf einander folgende Tage für den Augenblick des wahren Mittags den Stand der Uhr gegen wahre Zeit gefunden

1. Tag . . . $0^h\ 3'\ 15''$
2. — . . . $0^h\ 3'\ 27''$
3. — . . . $0^h\ 3'\ 39''$

Hat man nun, am Abend des zweiten Tags, irgend eine andere Beobachtung, z. B. die einer Finsterniß, zu einer Zeit gefunden, wo die Uhr 4 St. 21′ 36″.9 zeigte, und soll nun gesucht werden, um welche wahre oder mittlere Zeit diese Beobachtung angestellt worden ist, so wird man so verfahren: — Die Uhr gab am Mittag des zweiten Tags um 3′ 27″ zu viel gegen wahre Zeit. Da sie ferner, wie die vorhergehende kleine Tafel zeigt, während jedem wahren Sonnentag, d. h. während 24 St. 0′ 12″ Uhrzeit, um 12″ vorausgeht, und da jene Finsterniß um 4 St. 18′ 10″ nach dem wahren Mittag beobachtet wurde, so hat man die einfache Proportion

$$24\text{ St. }0'\ 12'' : 12'' = 4\text{ St. }18'\ 10'' : x$$

oder $x = 2''.1$, das heißt, zur Zeit jener Beobachtung gab die Uhr gegen wahre Zeit zu viel um 3′ 27″ + 2″.1 oder um 3′ 29″.1, also ist auch die wahre Zeit der Beobachtung $4^h\ 18'\ 7''.8$. Kennt man nun auch, nach §. 156, die Zeitgleichung für diese wahre Zeit, und beträgt sie z. B. + 2′ 30″.2, so ist auch die mittlere Zeit der beobachteten Finsterniß $4^h\ 20'\ 38''.00$.

§. 158. (Einführung der mittleren Zeit in das bürgerliche Leben.) In dieser mittleren Zeit pflegen die Astronomen alle ihre Beobachtungen anzugeben, obschon sie dieselbe alle unmittelbar, entweder in wahrer oder vielmehr, wie wir bald sehen werden, in Sternzeit gefunden haben. In derselben mittleren Zeit werden auch alle Elemente und Tafeln der Planeten berechnet. So beziehen sich die Umlaufszeiten des §. 100 und 149, die täglichen Bewegungen des §. 142 und §. 144 durchaus nur auf mittlere Zeit und mittlere Sonnentage. Selbst im bürgerlichen Leben hat man, wenigstens in den größern Städten Europa's, diese mittlere Zeit bereits eingeführt, indem man den Bewohnern derselben, meistens von den Sternwarten dieser Städte, jeden Tag den Augenblick des mittleren Mittags durch ein besonderes Zeichen anzugeben pflegt, so, daß sie ihre Uhren, und dadurch auch ihre Geschäfte, nur nach der mittleren Zeit richten, während unsere Vorfahren, die sich an die wahre Zeit hielten, ihre Uhren, selbst wenn sie vollkommen gut, d. h. gleichförmig gingen, an jedem wahren Mittage wieder neu einstellen oder, mit andern Worten, ihre Uhren durch diese immerwährende Correction verderben mußten, um sie dadurch zu zwingen, mit der ungleichförmig gehenden Sonne gleichen Schritt zu halten.

Unsere Sonnenuhren z. B., nach welchen leider noch die meisten unserer Uhrmacher sich zu richten pflegen, weil sie die besseren Mittel, ihre Zeit zu bestimmen, nicht kennen, geben natürlich nur die wahre Zeit an, und man muß daher die Zeitgleichung für alle Mittage des Jahrs kennen, um daraus die mittlere Zeit jedes wahren Mittags zu finden, wenn man die Uhr, wie es seyn soll, mit dieser mittleren Zeit vergleichen will. Zwar hat man auch eigene Vorrichtungen an mehreren Sonnenuhren angebracht, durch welche man aus dem Endpunkte des Schattens, welchen ihre Stiele werfen, auch die mittlere Zeit des wahren Mittags unmittelbar ablesen kann. Man erkennt diese Uhren an einer eigenen Zeichnung, an einer krummen Linie, welche die Gestalt der Ziffer 8 hat, und die in der Nähe der Schattenlinie des Mittags

Digitized by Google

angebracht ist. Man findet eine solche Uhr an dem Palais du Luxembourg in Paris, an dem Gebäude der alten Sternwarte in Berlin u. dgl. Allein diese Zeichnungen sind gewöhnlich eben so unvollkommen, als die ganze Sonnenuhr selbst, und unsere Uhrmacher, wenigstens jene, denen es um eine genaue Zeitbestimmung zu thun ist, sollten Mittel dieser Art um so weniger gebrauchen, da ihnen, wie wir später sehen werden, viel einfachere und bessere Mittel zugleich zu Gebote stehen.

Die folgende Tafel gibt diese Zeitgleichung auf den zehnten Theil einer Minute genau, was zu den gewöhnlichen Bedürfnissen hinreichend ist, von fünf zu fünf Tagen des Jahres. Sie ist für solche Jahre ganz genau, die in der Mitte zwischen zwei Schaltjahren stehen, wie 1830, 1834 u. f., doch ist sie auch für andere Jahre nur um einige Secunden verschieden. Man setzt diese Zeitgleichung mit ihrem Zeichen zu 12^h oder zu dem wahren Mittage, um die mittlere Zeit des wahren Mittags an diesem Tage zu erhalten. So ist z. B. diese mittlere Zeit am 1. Januar gleich $12^h 13'.8$ oder $12^h\ 3'\ 48''$ und am 1. Mai gleich $23^h\ 56'.9$ oder $23^h\ 56'\ 54''$. Viermal im Jahre endlich, am 15. April, 15. Junius, 1. September und 25. December sind beide Zeiten einander gleich, und die Zeitgleichung ist Null. Das Zeichen — zeigt an, daß die mittlere Zeit kleiner ist, als die wahre.

Zeitgleichung.

Januar	1	3'.8	April	6	2'.5
	6	6.1		11	1.1
	11	8.2		16	— 0.2
	16	10.0		21	— 1.3
	21	11.6		26	— 2.3
	31	13.7	Mai	1	— 3.1
Februar	5	14.3	Mai	6	— 3.6
	10	14.6		11	— 3.9
	15	14.5		16	— 3.9
	20	14.0		21	— 3.8
	25	13.4		26	— 3.4
März	2	12.4		31	— 2.8
März	7	11.3	Juni	5	— 2.0
	12	10.0		10	— 1.1
	17	8.6		15	0.0
	22	7.1		20	1.0
	27	5.6		25	2.1
April	1	4.0		30	3.1

Digitized by Google

Juli	5	4'.1	October	3	— 10'.9
	10	4.9		8	— 12.6
	15	5.5		13	— 13.3
	20	5.9		18	— 14.7
	25	6.1		13	— 15.5
	30	6.1		28	— 16.1
August	4	5.8	November	2	— 16.2
	9	5.2		7	— 16.2
	14	4.5		12	— 15.7
	19	3.4		17	— 14.9
	24	2.2		22	— 13.7
	29	0.8		27	— 12.2
September	3	— 0.7	December	2	— 10.4
	8	— 2.3		7	— 8.4
	13	— 4.0		12	— 6.1
	18	— 5.8		17	— 3.7
	23	— 7.6		22	— 1.2
	28	— 9.3		27	1.2
				32	3.7

§. 159. (Vergleichung der Sternzeit mit der mittleren Sonnenzeit.) Da die in §. 156 betrachtete zweite mittlere Sonne mit der ersten, von welcher wir in §. 140 gesprochen haben, zu derselben Zeit durch die beiden Aequinoctien geht, so ist auch die Umlaufszeit beider Sonnen gleich dem tropischen Jahre (§. 149) der Erde, oder gleich 365.242255 mittleren Sonnentage. In dieser Zeit nimmt also die Länge der ersten, oder, was dasselbe ist, der Rectascension der zweiten mittleren Sonne um volle 360 Grade zu, und da diese Zunahme durch das ganze Jahr gleichförmig ist, so folgt, daß die Rectascension dieser zweiten mittleren Sonne während der Dauer eines mittleren Sonnentages um 360°, dividirt durch 365.242255, das heißt um 0.9856472 Grade zunimmt. Bringt man diesen Winkel auf Zeit, indem man ihn durch 15 dividirt, so erhält man 0.0657098 Stunden oder 0 St. 3 M. 56.555 Sec., oder endlich 0.0027379 Tage.

Wenn also, an einem bestimmten Tage, diese zweite Sonne zugleich mit dem Frühlingspunkte durch den Meridian eines gegebenen Ortes geht, oder wenn für diesen Tag der Anfang des Sterntages und des mittleren Sonnentages in denselben Augenblick fällt, so wird an dem folgenden Tage die Sonne, vermöge ihrer eigenen Bewegung, östlich vom dem Frühlingspunkte stehen, und zwar, im Augenblicke der zweiten Culmination der mittleren Sonne, um den 0.0027379ten Theil eines Sterntages, so daß daher der mittlere Sonnentag gleich 1.0027379 Sterntage, und daher auch umgekehrt, der Sterntag gleich $\frac{1}{1.0027379}$ oder 0.9972696 eines Sonnentages ist. Mit andern Worten, der mittlere

Digitized by Google

Sonnentag ist um 3′ 56″.555 eines Sterntages länger als der Sterntag, oder der Sonnentag hat 24ᴬ 3′ 56″.555 Sternzeit, und der Sterntag hat nur 23ᴬ 56′ 4″.0913 mittlere Zeit. Daraus folgt zugleich, daß das tropische Jahr oder die Zeit von 365.242255 Sonnentagen gleich ist 366.242255 Sterntagen, oder daß nach Verfluß eines tropischen Jahres der Frühlingspunkt genau einen vollen Umlauf mehr um die Erde gemacht hat, als die mittlere Sonne.

Diesem gemäß dreht sich also unsere Erde in einem Sterntag, d. h. in 23ᴬ 56′ 4″.093 mittlerer Sonnenzeit um ihre Axe, oder in dieser Zeit scheinen sich alle Fixsterne, die ihren Ort am Himmel nicht verändern, um die als unbeweglich angenommene Erde zu drehen. Die mittlere Sonne aber dreht sich in einem mittleren Tag oder in 24 Stunden mittlerer Zeit, d. h. in 24ᴬ 3′ 56″.555 Sternzeit um die Erde. Gebraucht man also eine mittlere Uhr, so wird dieselbe bei jeder Culmination der mittleren Sonne oder an jedem mittleren Mittag genau 12ᴬ 0′ 0″ geben. Die Fixsterne aber werden jeden Tag um 3′ 55″.907 mittlerer Zeit früher culminiren, als an dem vorhergehenden Tag. Gebraucht man aber eine Sternuhr, so wird dieselbe, wenn sie richtig geht, bei jeder Culmination des Frühlingspunktes genau 12ᴬ 0′ 0″ geben, die mittlere Sonne aber wird jeden Tag um 3′ 56″.55456 Sternzeit später culminiren, als an dem vorhergehenden Tag.

Mittels dieser Zahlen ist es nun leicht, jedes gegebene, in Sternzeit ausgedrückte Intervall in mittlerer Zeit auszudrücken, wenn man von jeder Stunde der Sternzeit 9.829 Secunden subtrahirt, oder auch umgekehrt, jedes in mittlere Zeit gegebene Intervall in Sternzeit auszudrücken, wenn man zu jeder Stunde mittlerer Zeit 9.856 Secunden addirt.

§. 160. (Verwandlung dieser beiden Zeiten.) Allein wie findet man die absolute Sternzeit für einen Augenblick, der bloß in mittlerer Zeit gegeben ist, oder umgekehrt, wie findet man die mittlere Zeit eines in Sternzeit ausgedrückten Moments?

Nach dem, was in §. 154 und 155 gesagt wurde, ist die mittlere Zeit eines gegebenen Augenblicks der Stundenwinkel der mittleren Sonne, und die Sternzeit ist der Stundenwinkel des Frühlingspunktes für denselben Augenblick. Es stelle daher der Kreis BTD (Fig. 4) den Aequator, und die gerade Linie BD den Durchschnitt des Aequators mit der Ebene des Meridians vor. Sey für den gegebenen Augenblick der Frühlingspunkt in T und die mittlere Sonne in t, so ist also der Bogen BT der Stundenwinkel (Einl. §. 28) des Frühlingspunktes oder die gesuchte Sternzeit, und Bt ist der Stundenwinkel der zweiten mittleren Sonne oder die gegebene mittlere Zeit. Allein der Bogen Tt ist zugleich die Rectascension (Einl. §. 22) der zweiten, oder was dasselbe ist, die Länge der ersten mittleren Sonne (§. 156), die man sehr leicht durch die Tafel des §. 144 finden kann. Man sieht daher, daß man für jede gegebene mittlere Zeit zu derselben nur die Rectascension der mittleren Sonne, welche für diese Zeit Statt hat, addiren darf, um sofort die gesuchte Sternzeit zu erhalten. Ist z. B. für den mittleren Mittag des 10. Julius 1836 die mittlere Zeit 0ᴬ gegeben, so hat man für diese Zeit bereits oben (§. 156) die Rectascension der mittleren Sonne 108° 23′.7 oder in Zeit 7ᴬ 13′ 35″, und dieß ist zugleich die gesuchte Sternzeit dieses Augenblickes.

Die folgende Tafel gibt für jeden zehnten Tag des Jahres diejenigen Zahlen, welche man zu der gegebenen Sternzeit im mittlern Mittag addiren muß, um die mittlere Zeit zu erhalten. Diese Zahlen nehmen

Digitized by Google

für jeden Tag nahe um $0^h\ 4'$ ab. Eigentlich gehören sie wieder nur für solche Jahre, die, wie 1830, 1834... zwischen zwei Schaltjahren in der Mitte liegen. Für solche Jahre, welche die ersten nach einem Schaltjahre sind, wird man alle Zahlen um 1′ vermindern, und für die ersten vor einem Schaltjahre um 1′ vermehren, für Schaltjahre selbst endlich werden die Zahlen der beiden ersten Monate um 2′ vermehrt, und die aller anderer Monate um 2′ vermindert.

Januar	1	$5^h\ 18'$	Juli	5	$17^h\ 9'$
	6	5 0		10	16 48
	11	4 39		15	16 29
	16	4 18		20	16 10
	21	3 59		25	15 50
	31	3 20		30	15 30
Februar	5	3 0	August	4	15 10
	10	2 40		9	14 51
	15	2 20		14	14 31
	20	2 0		19	14 11
	25	1 41		24	13 51
März	2	1 21		29	13 32
März	7	1 1	September	3	13 12
	12	0 42		8	12 53
	17	0 23		13	12 33
	22	0 2		18	12 13
	27	23 43		23	11 53
April	1	23 23		28	11 34
April	6	23 3	October	3	11 16
	11	22 44		8	10 54
	16	22 24		13	10 34
	21	22 4		18	10 15
	26	21 45		23	9 55
Mai	1	21 25		28	9 35
Mai	6	21 5	November	2	9 16
	11	20 46		7	8 57
	16	20 26		12	8 37
	21	20 6		17	8 17
	26	19 46		22	7 57
	31	19 27		27	7 37
Juni	5	19 7	December	2	7 17
	10	18 47		7	6 58
	15	18 27		12	6 38
	20	18 7		17	6 18
	25	17 47		22	5 58
	30	17 28		27	5 37
				32	5 17

Digitized by Google

Diese Tafel zeigt z. B., daß im Jahre 1834 im mittleren Mittag des 12. März die mittlere Zeit um $0^h\ 42'$ größer ist, als die Sternzeit, daß also die Sternzeit am mittleren Mittag dieses Tages $23^h\ 18'$ ist. Am 24. August aber ist die mittlere Zeit $13^h\ 51'$ größer, also die Sternzeit im Mittag $10^h\ 9'$ u. s. w.

§. 161. (Gebrauch der Sternzeit.) Da die Sternzeit nichts anderes ist, als der Stundenwinkel des Frühlingspunkts, und da für jeden Stern, im Augenblicke seiner Culmination, dieser Stundenwinkel des Frühlingspunkts gleich der Rectascension des culminirenden Sterns seyn muß (Einl. §. 28), so ist also auch die Sternzeit der Culmination eines jeden Sterns gleich der Rectascension desselben in Zeit ausgedrückt.

In den astronomischen Ephemeriden findet man für jeden Tag des Jahres die Rectascension der Sonne, des Mondes und aller Planeten bereits voraus berechnet. Beobachtet man also diese Gestirne an einer nach mittlerer Sonnenzeit gehenden Uhr, so wird man, mit Hilfe der vorhergehenden Tafel, auch leicht die mittlere Zeit der Culmination derselben finden, da ihre Rectascension zugleich die Sternzeit ihrer Culmination ist, vorausgesetzt, daß diese Rectascension schon für diese Zeit ihres Durchgangs durch den Meridian berechnet worden ist. Dasselbe wird man auch bei den Fixsternen thun, deren Ort in den Sterncatalogen durch Rectascension und Declination gegeben ist. Da nun die Zahlen der vorhergehenden Tafel für jeden Tag um nahe vier Minuten abnehmen, so kommen auch alle Fixsterne jeden folgenden Tag um vier Minuten, oder genauer, um $3'\ 55''.907$ mittlerer Zeit früher in den Meridian, als an dem vorhergehenden Tage. Man nennt dieß die Acceleration der Fixsterne. Wegen dieser Acceleration wird die mittlere Zeit der Culmination jedes Fixsterns, obgleich sein Ort am Himmel ganz unverändert bleibt, das ganze Jahr durch immer auf eine frühere Tagesstunde fallen, und anfangs, wenn er z. B. bei der Sonne ist, um Mittag, in drei Monaten später um 6 Uhr Morgens, nach sechs Monaten um Mitternacht, und nach neun Monaten um 6 Uhr Abends culminiren. Diese Veränderlichkeit macht eine, zwar sehr leichte, aber doch durch ihre immerwährende Wiederholung beschwerliche Reduction nothwendig, die man ganz übergehen kann, wenn man seine Uhr, nicht nach mittlerer Sonnenzeit, sondern nach Sternzeit gehen läßt. Zu diesem Zwecke darf man aber nur die Linse des Uhrpendels so weit erhöhen, oder dem Aufhängepunkte des Pendels nähern, wodurch der Gang der Uhr beschleunigt wird, bis sie zwischen zwei nächsten Culminationen eines Fixsterns genau 24 Stunden gibt. Hat die Uhr diesen Gang, so wird man dann, zur Zeit der Culmination eines Sterns, dessen Rectascension bekannt ist, die Zeiger der Uhr so stellen, daß sie in diesem Augenblicke die Rectascension des Sterns anzeigen, wodurch dann diese Uhr auch im Laufe des ganzen Jahres die Sternzeit der Culmination dieses und zugleich aller andern Fixsterne anzeigen wird. Man sieht, daß eine so gestellte Uhr die Bequemlichkeit der Beobachtungen sehr erhöht, daher sie auch bereits auf allen neuern, thätigen Sternwarten eingeführt worden ist.

Digitized by Google

Kapitel XI.

Der Mond der Erde und die Satelliten der übrigen Planeten.

§. 162. (Umlaufszeit und Entfernung des Mondes.) Nächst der Sonne erregte ohne Zweifel der Mond schon sehr früh die Aufmerksamkeit der ersten Beobachter des Himmels. Er erhellt unsere Nächte, er leitet den Wanderer in fremden Ländern, und den Schiffer auf unbekannten Meeren; ihm verdanken wir den größten und wichtigsten Theil unserer Zeitrechnung, die tägliche Ebbe und Fluth des Oceans, und vielleicht auch einen wesentlichen Einfluß auf unsere Witterung, und dadurch selbst auf unsere Gesundheit.

Wenige Tage schon reichen hin, zu bemerken, daß er, nebst seinem täglichen Umlaufe um die Erde, die er mit allen Gestirnen des Himmels gemein hat, und die, wie wir wissen, bloß scheinbar ist, auch noch eine ihm eigenthümliche Bewegung hat, mit welcher er täglich unter den Fixsternen nahe dreizehn Grade von West gen Ost fortschreitet. Genaue Beobachtungen dieser seiner Bewegung haben gezeigt, daß die siderische Umlaufszeit des Mondes um die Erde 27.32166 mittlere Sonnentage beträgt. Da die Punkte der Nachtgleichen in einem Jahre um 50″.211 rückwärts oder gen West gehen (§. 123), und da die mittlere tropische Bewegung der Sonne in einem Tage gleich 0°.08565 ist (§. 144), so ist die tropische Umlaufszeit des Mondes, in Beziehung auf die Aequinoctien, gleich 27.32158 Tage, und endlich die Zeit zwischen zwei nächsten Conjunctionen mit der mittleren Sonne (§. 140) oder die synodische Revolution des Mondes gleich 29.53059 Tage.

Der Mond vollendet diese seine Bewegung um die Erde in einer Ellipse, deren einen Brennpunkt der Mittelpunkt der Erde einnimmt. Die halbe große Axe dieser Ellipse, d. h. die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde, beträgt 60.2965 Erdhalbmesser oder 51812.8 d. Meilen, und die Excentricität derselben beträgt 0.05484 Theile der halben großen Axe, oder 2850 Meilen. Wenn der Mond in seiner mittleren Entfernung von der Erde ist, so beträgt die Horizontalparallaxe desselben (§. 61) unter dem Aequator der Erde 0°.9503, und dann erscheint der Halbmesser des Mondes im Horizonte unter dem Winkel von 0°.2594, woraus folgt, daß der wahre Halbmesser des Mondes 233 Meilen beträgt. Das Verhältniß des Mondes zur Erde ist daher im Durchmesser wie 1 zu 3.69, in der Oberfläche wie 1 zu 13.60, und im Volum wie 1 zu 50.15.

§. 163. (Phasen des Mondes.) Die auffallendsten Erscheinungen, die uns der Mond darbietet, sind die abwechselnden Lichtgestalten oder die Phasen desselben.

Sey S (Fig. 26) die Sonne in einer sehr großen Entfernung von der Erde T, um welche sich der Mond in seiner Bahn ABCD bewegt. Wenn der Mond in A zwischen Sonne und Erde ist, so ist uns derselbe ganz unsichtbar, und da er für uns an demselben Orte des Himmels steht, wo wir auch die Sonne sehen, so geht er auch mit der Sonne zugleich auf und unter. Man nennt diese Zeit den Neumond. — Wenn

Digitized by Google

wir, dem Vorhergehenden gemäß, den Mond, gleich den übrigen Körpern des Himmels, kugelförmig annehmen, und überdieß voraussetzen, daß er kein eigenes Licht habe, sondern nur mit dem von der Sonne geborgten und auf uns reflectirten Lichte scheine, so wird die Mondeskugel, wie alle andern Kugeln, von der Sonne immer nahe zur Hälfte beleuchtet werden, während die andere im Schatten oder dunkel ist. Zur Zeit des Neumonds wird also diese beleuchtete Hälfte, die ihrer Natur nach immer der Sonne zugewendet seyn muß, zugleich von der Erde abgewendet seyn, oder wir werden nur die dunkle Seite des Mondes, d. h. wir werden ihn gar nicht sehen.

Einige Tage nach dem Neumonde erblickt man den Mond, der anfangs bei der Sonne stand, schon bedeutend links oder östlich von derselben. Da nämlich seine synodische Revolution 29½ Tage beträgt, so wird er z. B. in 3¾ Tagen schon den achten Theil seines Umkreises um die Erde, in Beziehung auf die Sonne, zurückgelegt haben, und in dem Punkte m seiner Bahn, oder in seinem ersten Octanten seyn. Da die beleuchtete Seite, wie gesagt, immer der Sonne S zugewendet bleibt, so wird er in dieser Stellung der Erde T nicht mehr die ganze dunkle Seite zukehren, sondern die Erde wird bereits auf der rechten oder westlichen Seite des Mondes einen, obschon nur kleinen Theil jener beleuchteten Seite sehen, und der Mond wird uns daher hier nur als eine beleuchtete Sichel erscheinen, deren hohle Seite von der Sonne abgewendet oder links gekehrt ist, oder der beleuchtete Theil wird, wie die Zeichnung bei m zeigt, die Gestalt eines umgekehrten C haben. Da übrigens jetzt der Mond links von der Sonne steht, so wird er erst nach ihr, oder bei Tage, in den Morgenstunden, aufgehen, und eben so erst nach der Sonne, in den bereits dunklen Abendstunden, untergehen.

In 7⅘ Tagen nach dem Neumonde ist er in B, wo er bereits den vierten Theil seiner synodischen Bahn zurückgelegt hat. In dieser Lage des Mondes, die man die erste Quadratur oder das erste Viertel nennt, ist von der beleuchteten sowohl, als auch von der dunklen Seite des Mondes, genau die Hälfte gegen die Erde gekehrt, und die letzte sieht ihn daher als eine halbe, kreisförmige Scheibe. Die frühere Sichel ist seit dem Neumonde immer breiter geworden, indem sich ihre Höhlung allmählig mit Licht ausfüllte, bis endlich hier ihre innere Krümmung zu einer geraden Linie, zu einem Durchmesser des Mondes wird, der übrigens noch immer, so wie jene Krümmung, auf der linken, von der Sonne abgewendeten Seite steht. Da der Mond hier genau um 90 Grade von der Sonne, auf der Ostseite derselben, absteht, so wird er, in seinem ersten Viertel, sechs Stunden nach der Sonne, oder nahe um Mittag, auf- und um Mitternacht untergehen, also auch die ersten Stunden der Nacht beleuchten, nach Mitternacht aber unter dem Horizonte oder unsichtbar seyn.

Nach weitern 7⅖ Tagen seit dem ersten Viertel ist der Mond in C. Hier ist seine zur Sonne gewendete oder beleuchtete Scheibe auch zugleich ganz der Erde zugewendet, und die Erde sieht ihn daher hier, im Vollmonde, als eine ganze, kreisrunde, beleuchtete Scheibe. Da er jetzt der Sonne gerade gegenüber oder mit ihr in Opposition steht, so wird er aufgehen, wenn die Sonne untergeht, und untergehen, wenn die Sonne aufgeht. Man wird ihn also nun die ganze Nacht durch sehen.

Indem er sich von da noch weiter gegen die linke Seite des Beobachters, von C nach D, bewegt, wird er ihm auch allmählig einen immer größern Theil seiner dunklen Hälfte, und zwar jetzt auf der rechten oder von der Sonne wieder abgekehrten Seite des Mondes, zuwenden,

Digitized by Google

und diese Verdunklung wird immer zunehmen, bis sie endlich in D die ganze rechte Hälfte desselben einnehmen wird. Der Mond wird uns nun, in der zweiten Quadratur oder im letzten Viertel, ganz so wie in B, zur Zeit des ersten Viertels, erscheinen, nur mit dem Unterschiede, daß die beleuchtete Hälfte hier links steht, da sie dort rechts gewendet war. Da übrigens der Mond hier wieder 90 Grade oder 6 Stunden von der Sonne, aber auf der Westseite derselben, absteht, so wird er auch 6 Stunden vor der Sonne, d. h. um Mitternacht auf- und um Mittag untergehen. Nach dem Vollmonde werden also die ersten Stunden der Nacht ohne Mondschein seyn, so wie vor dem Vollmonde diese ersten Stunden beleuchtet waren. Nach dem Neumonde sehen wir daher den Mond immer länger in den Abendstunden, am westlichen Himmel, nach dem Vollmonde aber sehen wir ihn immer länger in den nächtlichen Morgenstunden auf der Ostseite des Himmels.

Indem nun der Mond auch von diesem Punkte D seiner Bahn noch weiter gen Ost fortgeht, wird die dunkle Seite am westlichen Rande immer größer, und die beleuchtete linke Seite desselben nimmt wieder die Gestalt einer immer schmäleren Sichel an, deren innere Höhlung aber jetzt rechts oder westlich gewendet ist, und die Form eines aufrechtstehenden C hat. In dem Punkte n oder in seinem letzten Octanten hat er die Gestalt der beigezeichneten Figur. Je mehr sich der Mond auf der Westseite der Sonne derselben krümmt, desto mehr nimmt die Breite dieser lichten Sichel ab, bis sie, wenn er der Sonne sehr nahe kömmt, nur mehr als ein feiner Silberfaden erscheint, und endlich, wenn der Mond wieder bei der Sonne in A ist, ganz verschwindet. Der Mond ist nun wieder im Neumonde, oder unsichtbar, und beginnt eine zweite Periode seiner Lichtgestalten, die er in derselben Ordnung, wie die vorhergehende, durchläuft.

Es wird nicht nothwendig seyn, zu bemerken, daß diese Phasen des Mondes und die gegebene, den Beobachtungen vollkommen genügende Erklärung derselben, zugleich der beste Beweis für die oben aufgestellte Voraussetzung ist, daß der Mond die Gestalt einer Kugel haben und daß er sein Licht bloß von der Sonne erhalten müsse. Da wir dieselben Phasen auch bei Merkur und Venus bemerken, so wird derselbe Schluß auch auf diese Himmelskörper anwendbar seyn. Selbst bei Mars sieht man noch ähnliche, obschon viel geringere Veränderungen der Gestalt, indem er, nach seinen verschiedenen Stellungen gegen die Sonne, an der östlichen oder westlichen Seite stark verdunkelt oder gleichsam abgeplattet erscheint. Die übrigen Planeten aber sind alle zu weit von uns entfernt, daher sie immer schon mehr dieselbe Seite, welche sie zur Sonne wenden, auch beinahe ganz der Erde zukehren, und wir also auch an ihnen keine Lichtphasen mehr bemerken.

§. 164. (Aehnliche Erscheinungen der Erde für den Mond.) Da aber die Erde ebenfalls eine dunkle Kugel ist, welche ihr Licht von der Sonne erhält, so muß die Erde den Bewohnern des Mondes, wenn es solche gibt, ähnliche Lichtveränderungen zeigen, ja diese müssen dort noch viel auffallender erscheinen, da die Oberfläche der Erde über dreizehnmal größer ist, als die des Mondes.

Wenn nämlich der Mond zur Zeit des Neumondes in A und uns unsichtbar ist, so erscheint ihm im Gegentheile die Erde T in ihrem ganzen Lichte als eine vollbeleuchtete Scheibe, weil hier die von der Sonne beschienene Hälfte der Erde zugleich ganz dem Monde zugekehrt ist. Die Mondsbewohner in dem der Erde nächsten Punkte des Mondes, die eben Mitternacht haben, sehen also die Erde ganz beleuchtet, während ihre

Digitized by Google

der Sonne zugewendeten Antipoden eben Mittag haben. Im Vollmonde aber, wenn der Mond in C ist, wendet die Erde ihre dunkle Seite dem Monde zu, und die Bewohner des Mondes, die der Erde zunächst stehen und eben Mittag haben, sehen die Erde nicht, weil sie für sie nicht beleuchtet ist, so wie die Antipoden derselben sie auch nicht sehen, weil sie hinter dem Monde steht, und daher, für sie, durch den Mond selbst verdeckt wird. Die Mondesbewohner sehen also die Erde im Vollichte, wenn wir Neumond haben, und im Neulichte, wenn wir Vollmond haben, und eben so sehen sie die Erde im ersten oder letzten Viertel, wenn wir den Mond im letzten oder ersten Viertel sehen. Ist nämlich der Mond zur Zeit seines ersten Viertels in B, so sehen seine Bewohner von der Erde eben so die linke oder östliche Hälfte beleuchtet, wie wir den Mond zur Zeit des letzten Viertels sehen, und umgekehrt.

§. 165. (Aschgraues Licht des Mondes.) Kurz vor und nach dem Neumonde, wo der Mond, wie oben gesagt, nur als eine feine Sichel erscheint, sieht man mit guten Augen, und noch besser durch Fernröhre, auch den übrigen, dunkeln Theil des Mondes in einem schwachen Lichte schimmern, das immer schwächer wird, je näher der Mond an seine Quadraturen kömmt. Man nennt dieses Licht das aschgraue Licht (lumière cendrée) des Mondes. Man hat die Ursache desselben lange gesucht, bis sie endlich Möstlin, der Lehrer Kepler's, entdeckte. Zur Zeit des Neumonds nämlich, wenn die uns zugekehrte Seite des Mondes in A ganz im Schatten seiner Nacht liegt, und daher für uns unsichtbar seyn sollte, zu dieser Zeit ist zugleich die von der Sonne beleuchtete Hälfte der Erde, nach §. 146, völlig gegen jene dunkle Seite des Mondes gekehrt, und da, wie bereits erwähnt, die Erde den Mond an Oberfläche nahe dreizehnmal übertrifft, so wirft diese große und durchaus beleuchtete Scheibe der Erde eine so bedeutende Masse Lichts auf die dunkle Seite des Mondes, daß uns die letzte dadurch wieder sichtbar seyn muß. Dieses den Mond beleuchtende Erdenlicht erhalten wir demnach von ihm, wie man zu sagen pflegt, aus der dritten Hand, da es, ursprünglich aus der Sonne kommend, die Erde trifft, von dieser auf den Mond reflectirt und endlich von dem Monde wieder auf die Erde zurückgeworfen wird, und uns so die dunkle Seite des Mondes sichtbar macht.

§. 166. (Tägliche Bewegung oder Rotation des Mondes.) Die oben (§. 162) angegebenen Revolutionen des Mondes um die Erde, welche wir auch Mondesmonate heißen, könnte man, analog mit der Bewegung der Erde, auch die jährliche Bewegung des Mondes nennen. Außer ihr bemerkt man aber auch an dem Monde eine Rotation um seine eigene Are, die man dann, wie dort bei der Erde, die tägliche Bewegung des Mondes heißen könnte.

Bei der Erde ist die jährliche Bewegung von der täglichen sehr verschieden, da jene nahe 365mal länger dauert, als diese. Nicht so ist es bei dem Monde, wo beide Bewegungen, die jährliche um die Erde, und die tägliche um sich selbst, vollkommen gleich sind.

Wenn man nämlich die, bekanntlich mit mehreren Flecken bedeckte, Oberfläche des Mondes etwas genauer betrachtet, so findet man, daß sie immer dieselbe Stelle der Mondesscheibe einnehmen, und daß z. B. diejenigen Flecken, welche man in dem Mittelpunkte dieser Scheibe, oder an dem östlichen Rande desselben sieht, diesen Mittelpunkt oder diesen Rand nie verlassen, mit anderen Worten, daß uns der Mond immer dieselbe Seite zuwendet. In der That hat auch noch kein Menschenauge die andere Seite des Mondes gesehen, die von der Erde abgewendet ist, und ewig von ihr abgewendet bleiben wird, gleichsam

Digitized by Google

als wenn die feste Masse des Mondes durch eine Stange, die durch den Mittelpunkt der Erde und des Mondes geht, mit uns unveränderlich verbunden wäre, und an dieser Stange in jedem Monate um uns herum geführt würde.

Diese Sonderbarkeit in der Bewegung des Mondes, die wir auch bei den Monden aller übrigen Planeten wieder finden werden, hat zu einem langen und sonderbaren Streite unter den Gelehrten Anlaß gegeben. Newton war es, der jene Erscheinung zuerst durch folgende Worte ausdrückte: „Der Mond zeigt uns immer dieselbe Seite, also dreht er „sich um seine Axe.“ Andere Astronomen wollten aber daraus gerade das Gegentheil schließen, daß er sich nämlich *nicht* um seine Axe drehe, *eben weil* er uns immer dieselbe Seite zuwendet.

Ohne uns hier bei der Geschichte dieser Discussionen länger aufzuhalten, wollen wir nur bemerken, daß die Sache in letzter Instanz sich mit einem Wortstreite endet, und daß man, je nachdem man das Wort Drehen in einem oder dem andern Sinne nimmt, eben so gut sagen kann, der Mond drehe sich, als er drehe sich nicht. Etwa so, wie man von dem Tische, auf dem man schreibt, ganz mit demselben Rechte sagen kann, er habe eine, und er habe keine Bewegung. Er hat keine, weil er seinen Ort gegen die nächsten Umgebungen, gegen die Wände des Zimmers, nicht ändert: und er hat eine, weil er auf der Erde ist, die, wie Jeder weiß, sich um die Sonne und überdieß noch um sich selbst bewegt, und mit der sich daher auch der Tisch bewegen muß.

Das Mißverständniß bei dem Monde kam daher, weil wir denselben aus der Erde, aus dem eigentlichen Mittelpunkte seiner Bewegung betrachten. Denken wir uns aber ein Auge *außer* der Mondesbahn, z. B. in der Sonne S (Fig. 26), so wird dasselbe zur Zeit unseres Neumondes in A die uns immer verborgene Seite, zur Zeit des Vollmondes in C aber, zugleich mit uns, die uns immer sichtbare Seite des Mondes sehen, und für einen solchen Beobachter würde es daher keinen weiteren Zweifel unterliegen, daß der Mond sich in der That, und zwar in derselben Zeit um seine Axe dreht, in welcher er um die Erde geht, oder daß die Rotation desselben seiner Revolution, sein Jahr seinem Tage gleich ist.

§. 167. (Jahreszeiten des Mondes.) Die Jahreszeiten der Erde hängen, wie wir im siebenten Kapitel gesehen haben, von dem Winkel, welchen der Aequator der Erde mit der Ebene ihrer Bahn um die Sonne macht, oder von der Schiefe der Ekliptik ab. Je kleiner dieser Winkel ist, desto weniger sind die Jahreszeiten von einander verschieden, und wenn diese beiden Ebenen ganz zusammenfielen, so würde ein immer währender Frühling auf der ganzen Erde herrschen.

Nun ist die Bahn des Mondes, die er um die Erde beschreibt, gegen den Aequator dieses Satelliten nur um den kleinen Winkel von 6.6 Grad geneigt. Zwischen beiden liegt die Ebene der Erdbahn oder der Ekliptik in der Mitte, so daß sie mit der Mondesbahn einen Winkel von 5°.1 bildet. Da aber die Durchschnittslinie der Mondesbahn mit der Ekliptik, oder die Knotenlinie derselben, sehr veränderlich ist, und in 19 Jahren ihren ganzen Umkreis um die Erde vollendet, so wird die selbe Hälfte der Bahn 9½ Jahre über, und 9½ Jahre unter der Ekliptik liegen, so daß man, der Wahrheit gemäßer, sagen kann, daß die Mondesbahn mit der Ekliptik ganz zusammenfalle, und daher mit dem Mondesäquator nur den sehr kleinen Winkel von 1°.5 bilde. Aus dieser Ursache gibt es daher auf dem Monde beinahe gar keinen Unter-

Digitized by Google

schied der Jahreszeiten, und die Temperatur, so wie die Länge der Tage und Nächte, ist auf diesem Himmelskörper beinahe immer dieselbe.

§. 168. (Tageszeiten des Mondes.) Wenn wir, dem gewöhnlichen Sprachgebrauche gemäß, durch das Wort Tag die Zeit zwischen zwei nächsten Aufgängen der Sonne bezeichnen, so sind die Tage auf dem Monde unvergleichbar länger, als die auf der Erde. Der Mondestag ist nämlich die Zeit von einem Neumonde zum andern, also $29\frac{1}{2}$ unserer Tage gleich. Die Bewohner des Mondes sehen also die Sonne durch $14\frac{3}{4}$ unserer Tage über, und eben so lange unter dem Horizonte, oder ihr Tag, im engeren Sinne des Wortes, dauert $14\frac{3}{4}$mal unserer 24 Stunden, und eben so lange ist auch, nach §. 167, ihre Nacht. Jene vier vorzüglichsten Phasen der Erde, von denen wir §. 164 gesprochen haben, werden den Bewohnern des Mondes gleichsam zu einer Himmelsuhr dienen, an welcher sie ihre langen Tage abmessen können, da ihnen die Erde im letzten Viertel, im Neulichte, im ersten Viertel und im Vollichte erscheinen wird, wenn sie in derselben Ordnung Morgen, Mittag, Abend und Mitternacht haben. Allein diese Uhr ist nur für diejenigen Bewohner des Mondes da, welche die vordere oder uns zugekehrte Seite desselben einnehmen. Die andere Hälfte sieht unsere Erde eben so wenig, als sie selbst von uns gesehen werden kann, und jene kennen die Existenz dieses großen und schönen Gestirns vielleicht nur von den Erzählungen ihrer Nachbarn.

§. 169. (Messung der Entfernung des Mondes und der Sonne.) Um die Distanz des Mondes von der Erde zu messen, kann man die oben (§. 63) bei Gelegenheit der Parallaxe erwähnten Methoden auf ihn anwenden. Allein seine in §. 163 erklärten Phasen geben uns zugleich ein sehr einfaches Mittel, die Distanz der Sonne zu finden, ein Mittel, das selbst den Alten schon bekannt war. Zur Zeit seines ersten oder letzten Viertels sieht man nämlich, wie oben gesagt wurde, genau die Hälfte des Mondes beleuchtet. Man erkennt diesen Augenblick daran, daß die Lichtgränze, welche den dunkeln Theil des Randes von dem hellen trennt, und die sonst immer eine krumme Linie ist, jetzt zu einer Geraden, zu einem Durchmesser des Mondes wird. In diesem Momente ist die Linie, welche die Mittelpunkte der Erde und des Mondes verbindet, senkrecht auf die den Mond mit der Sonne verbindende Linie. In dem Dreiecke STB oder STD (Fig. 26) also, welches diese drei Himmelskörper verbindet, ist der Winkel an dem Monde gleich 90 Graden, der Winkel an der Erde aber wird durch unmittelbare Beobachtung der scheinbaren Distanz der Sonne von dem Monde gegeben. Man kann daher in diesem Dreiecke das Verhältniß der wahren Distanz der Sonne und des Mondes von der Erde bestimmen, und da man die Distanz des Mondes schon aus andern Beobachtungen kennt, so wird man dadurch auch die Distanz der Sonne von der Erde erhalten. Es ist allerdings sehr schwer, den Augenblick genau aufzufassen, in welchem jene Lichtgränze eine gerade Linie wird, und von dieser Bestimmung hängt doch die Sicherheit des Verfahrens ab. Demungeachtet verdankt man dieser einfachen Methode die ersten Kenntnisse, die wir von der ungemeinen Größe und Entfernung der Sonne erhalten haben.

§. 170. (Bewegung der Knoten und der Apsiden der Mondesbahn.) Wir haben bereits oben gesagt, daß die Durchschnittslinie der Mondesbahn mit der Ekliptik oder die sogenannte Knotenlinie der Mondesbahn ihren Ort am Himmel sehr schnell ändert. Nach den neuesten Bestimmungen nimmt die Länge des Mondknotens, in Beziehung auf die Fixsterne, in 365 Tagen um 19°.3426 ab, oder diese Knoten gehen in jedem

Digitized by Google

gemeinen Jahre um diesen Winkel rückwärts in der Ekliptik. Daraus folgt die siderische Revolution der Knoten gleich 6793.28587, und die tropische gleich 6798.17704 Tagen. Berechnet man daraus die Revolution des Mondes selbst in Beziehung auf diese Knoten, so findet man sie gleich 27.21214 Tagen, oder in dieser Zeit vollendet der Mond zwei nächste Durchgänge durch denselben Knoten. Man nennt diese Zeit in der Kalendersprache den Drachenmonat.

Einer ähnlichen Bewegung sind auch die Apsiden der Mondesbahn unterworfen, oder die Endpunkte der großen Axe derselben, die man analog mit §. 137 das Perigeum und Apogeum der Mondesbahn nennt. Sie gehen nämlich beide während einem gemeinen Jahre von 365 Tagen, in Beziehung auf die Fixsterne, durch einen Bogen von 40°.6488 vorwärts, woraus wieder folgt, daß die siderische Revolution der Apsiden 3232.56753, die tropische aber 3231.46119 Tage, und daß endlich die Revolution des Mondes selbst in Beziehung auf diese Apsiden, d. h. daß die anomalistische Revolution des Mondes 27.55490 Tage beträgt.

§. 171. (Säculäre Aenderung der mittleren Bewegung des Mondes.) Der Theorie und den Beobachtungen zu Folge ist die siderische Revolution aller Planeten (§. 140) eine unveränderliche Größe, da sie in den ältesten Zeiten ganz eben so groß, wie in den neuesten, gefunden wurde (§. 125). Weil aber diese Revolutionen unmittelbar durch das dritte Gesetz Kepler's (§. 146) von den großen Axen der Planetenbahnen abhängen, so muß man also auch diese Axen als constante und für alle Zeiten unveränderliche Größen betrachten. Es ist sehr merkwürdig, daß diese Größen am Himmel die einzigen sind, die keiner Veränderung unterworfen sind, während alles andere in immerwährender Bewegung ist, und während selbst die Gränzpunkte und Normalebenen, auf die wir alles beziehen, der Frühlingspunkt, der Aequator, die Ekliptik u. s. w. ihren Stand am Himmel beständig wechseln. Wir werden weiter unten auf diesen sehr interessanten Gegenstand wieder zurückkommen, und bemerken hier nur, daß der Mond von jenem allgemeinen Gesetze eine Ausnahme zu machen scheint. — Wenn man die ältesten Beobachtungen desselben mit den neueren vergleicht, so findet man, daß die siderische Revolution desselben immer kleiner, daß also die mittlere Bewegung desselben (§. 140) immer schneller wird. Eine unmittelbare Folge dieser sonderbaren Erscheinung, verbunden mit dem dritten Gesetze Kepler's würde die immerwährende Verkleinerung der großen Axe der Mondesbahn, also eine stätige Annäherung des Mondes zur Erde, und endlich, in der Folge der Zeiten, ein Zusammentreffen dieser beiden Gestirne seyn.

Den Astronomen war die Ursache dieses Phänomens, welches gleichsam von der Natur eine Ausnahme macht, und für uns mit der Zeit von den wichtigsten Folgen seyn muß, lange verborgen. Endlich fande sie, nicht ohne große Mühe, daß diese Beschleunigung der mittleren Bewegung des Mondes, und eine ihr analoge Verzögerung der mittleren Bewegung des Knotens und der Apsiden der Mondesbahn, ihren Grund in der Veränderlichkeit der Excentricität der Erdbahn habe. Nach der Theorie hatte diese Excentricität der Erdbahn in dem Jahre 11400 vor unserer Zeitrechnung den größten Werth von 0.01965, und sie nimmt seit jener Epoche durch 36900 Jahre immer ab, bis sie in dem Jahre 25500 nach Chr. G. ihren kleinsten Werth 0.0039 erreichen, und dann wieder allmählig zunehmen wird (vergl. §. 150). In dieselbe große Periode von 36900 Jahren sind also auch jene drei Veränderungen des Mondes und seiner Bahn eingeschlossen. Man darf daher nicht beso

Digitized by Google

gen, daß der Mond in der Folge der Zeiten auf die Erde stürzen und sich mit ihr vereinigen werde. Zwar nähert er sich ihr schon seit langer Zeit, und wird sich ihr noch ferner nähern, aber nur bis zu einer bestimmten Gränze, von welcher an er wieder von der Erde sich allmählig entfernen wird.

§. 172. (Beleuchtung der Erde ist nicht der Zweck des Mondes.) Man glaubt gewöhnlich, daß der Mond nur der Erde und zwar der Beleuchtung ihrer Nächte wegen da sey. Allein wenn die Natur diesen Zweck gehabt hätte, so würde sie ihn nur sehr unvollkommen erreicht haben, da beinahe die Hälfte der Nächte eines jeden Monats ohne Mondlicht ist. Hätte sie diese Absicht in der That gehabt, so würde sie dieselbe sehr leicht erreicht haben, wenn der Mond im Augenblicke seiner Entstehung im Vollmonde oder der Sonne gegenüber, und zwar in einer Entfernung von der Erde gestanden wäre, die nahe den hundertsten Theil der Entfernung der Erde von der Sonne betragen hätte, und wenn damals die Geschwindigkeit des Mondes ebenfalls der hundertste Theil der Geschwindigkeit der Sonne gewesen wäre. Denn dann würde der Mond der Sonne immer gerade gegenüber gestanden, oder immer im Vollmonde geblieben seyn, und selbst die Finsternisse, die uns jetzt zuweilen seinen Anblick rauben, würden in dieser Entfernung nicht mehr Statt gehabt haben. Damit er aber, in einer beinahe viermal größern Distanz, auch eben so viel Licht im Vollmonde, als jetzt, auf die Erde reflectiren könne, hätte seine Oberfläche auch eben so vielmal vergrößert werden müssen. Da jedoch der große Urheber der Natur dieses einfache Mittel, welches allein zu jenem Zwecke führt, nicht gewählt hat, so müssen wir voraussetzen, daß er auch diesen Zweck nicht erreichen wollte, und daß es daher seine Absicht nicht gewesen seyn kann, den Mond bloß für uns hinzustellen, oder ihn zum Fackelträger oder zum Diener der Erde zu machen.

§. 173. (Verwickelte Bewegungen des Mondes.) Wenn man die oben (§. 141) erklärten elliptischen Bewegungen der Planeten auf die Beobachtungen des Mondes anwendet, so sieht man bald, daß sie allein nicht hinreichen, den Ort dieses Satelliten am Himmel für jede Zeit zu bestimmen. Man bemerkt nämlich, daß die Bewegung des Mondes sehr unregelmäßig, und großen Ungleichheiten unterworfen ist, die sich aber beinahe alle auf den Stand desselben gegen die Sonne beziehen.

Die größte dieser Ungleichheiten, und zugleich die erste, die man in den Beobachtungen des Mondes erkannt hat, ist die sogenannte Evection. Sie ist gleich dem Winkel 1°.342 multiplicirt in den Sinus der doppelten Winkeldistanz des Mondes von der Sonne, weniger der Winkeldistanz des Mondes von seinem Perigeum. Zur Zeit der Syzygien vermischt sich die Evection mit der Gleichung der Bahn (§. 141), daher die alten Griechen, welche den Mond nur in seinen Syzygien, wo allein die Finsternisse sich ereignen, beobachteten, diese Gleichung der Bahn des Mondes um die ganze Evection zu klein gefunden haben.

Eine andere Ungleichheit ist die Variation, die gleich 0°.595 multiplicirt in den Sinus der doppelten Winkeldistanz des Mondes von der Sonne. Diese Ungleichheit verschwindet daher in den Syzygien sowohl, als auch in den beiden Quadraturen, und sie hat ihren größten Werth zwischen den Syzygien und Quadraturen oder in den sogenannten Octanten des Mondes.

Die jährliche Gleichung endlich ist gleich 0°.187 multiplicirt in den Sinus der mittleren Anomalie (§. 140) der Sonne, und durch sie wird die Bewegung des Mondes beschleuniget, wenn die der Sonne, zur Zeit unseres Sommers, verzögert wird und umgekehrt.

Digitized by Google

Außer den erwähnten drei Ungleichheiten gibt es aber noch e
große Anzahl kleinerer, welchen die Bewegung des Mondes unterwor
ist, und die alle ihren Grund in den Störungen haben, welche die So
auf den um die Erde sich bewegenden Mond ausübt. Ihre Entdeckı
und die Bestimmung ihrer wahren Größe ist das Resultat der Verv
kommnung, zu welcher die mathematische Analyse, und die Beobachtun
kunst in den neueren Zeiten gebracht worden ist.

§. 174. (Mondesfinsterniſſe.) Da die Erde eine an sich dunkle Ku
ist, welche ihr Licht nur von der Sonne erhält, so wird sie, wenn
von der Sonne beschienen wird, einen Schatten hinter sich werfen. T
ser Schatten hat die Gestalt eines Kegels, dessen Basis den Umfang
Erde und dessen Länge nahe $3^1/_2$mal größer als die Entfernung
Mondes von der Erde ist, also 216 Erdhalbmesser oder 186000 Mei
beträgt. Die ganze Breite dieses Kegels in dem Orte, wo er von
Mondesbahn geschnitten wird, beträgt nahe $2^2/_3$ Durchmesser des M
des oder 1240 deutsche Meilen.

Wenn also die Bahn des Mondes mit der Ekliptik zusammenfi
so müßte der Mond jedesmal zur Zeit seines vollen Lichtes, wo
der Sonne gerade gegenüber steht (§. 163), in den Schattenkegel
Erde treten, und uns daher jeden Monat das Schauspiel einer Mond
finsterniß geben. Da aber jene beiden Ebenen, nach §. 167, den W
kel von 5° mit einander bilden, so geht der Mond meistens über o
unter diesem Schattenkegel weg, ohne ihn zu berühren. Er kann da
nur dann verfinstert werden, wenn er zur Zeit des Vollmondes zugl
nahe bei seinem Knoten ist, und dieß ist im Mittel 29mal in 18 J
ren der Fall. Wenn sich die ganze Scheibe des Mondes in den Sch
ten der Erde senkt, so heißt die Finsterniß total, und im Gegenth
partial, wenn nur ein Theil derselben verfinstert wird. Man gibt
Größe der Verfinsterung gewöhnlich in Zollen an, deren zwölf auf
Durchmesser des Mondes gehen. Die größten Mondesfinsternisse kön
bis 22 Zolle betragen. Die längste Dauer einer partialen Finster
kann nicht über 2 St. 18 M., und die einer totalen nicht über 4
38 M. währen. Die nächsten bei uns sichtbaren Mondsfinsternisse,
wir erwarten, werden Statt haben:

1836	am	1. Mai und 24. October.
1837	„	20. April und 13. October.
1838	„	10. April und 3. October.
1840	„	17. Februar und 13. August.
1841	„	6. Februar und 2. August.
1842	„	26. Januar und 22. Julius.

Sey S (Fig. 27) der Mittelpunkt der Sonne, T der Erde und a,
des Mondes in seiner Bahn nun. Zieht man die Tangente HhE
GgE an denselben Seiten der Sonne und Erde, so stellt gEh den
len oder den Kernschatten der Erde vor. Zieht man aber die T
gente Hgn und Ghm an entgegengesetzten Seiten der Sonne
Erde, so begränzen diese Tangenten den Halbschatten ghmn der Er
Wenn der Mond auf seinem Wege um die Erde in dem Punkte m
kömmt und von da weiter gegen a fortschreitet, so verliert er imn
mehr von dem Anblick der Sonne und zwar auf der östlichen Seite
derselben, bis er, wenn er bei a gänzlich in den vollen Schatten eintr
die Sonne gar nicht mehr sieht oder völlig verfinstert wird. Diese V
finsterung dauert so lange, bis er bei c wieder aus der Ostseite des v
len Schattens tritt. Indem er dann von c gegen n fortgeht, sieht

Digitized by Google

immer mehr von der Ostseite G der Sonne, bis er sie endlich in n wieder ganz erleuchtet erblickt. Die eigentliche Finsterniß hat Statt, während der Mond in dem Theile abc seiner Bahn, oder während er in dem vollen Schatten der Erde sich aufhält und dadurch seines von der Sonne geborgten Lichtes in der That völlig beraubt wird. So lange er aber nur in dem Halbschatten ma oder en verweilt, wird er immer noch von der Sonne, obschon desto schwächer, beleuchtet, je näher er den Punkten a oder e ist. Man sieht ihn da, z. B. vor der eigentlichen Verfinsterung in ma, auf seiner Ostseite gleichsam mit einer Nebel- oder Rauch-Wolke überzogen, deren Ende sehr unbestimmt und gleichsam verwaschen, und daher kein Gegenstand der Beobachtung ist. Ja selbst, wenn endlich sein östlicher Rand in die Westseite des vollen Schattens bei a eintritt, oder wenn die eigentliche Finsterniß anfängt, läßt sich der Augenblick dieses Anfangs, und eben so des Endes, nicht mit Schärfe angeben, weil der Halbschatten mit seiner Annäherung zu dem vollen Schatten immer dichter wird, und daher die eigentliche Gränze zwischen beiden Schatten nicht scharf gesondert ist.

Da der Durchmesser ac des Schattenschnitts, wie bereits gesagt, nahe $2^2/_3$ Durchmesser des Mondes beträgt, so wird der Mond, wenn er durch die Mitte dieses Schattens geht, ganz von demselben umgeben, oder die Finsterniß wird total seyn. Wenn er aber nur durch den nördlichen oder südlichen Theil des Schattens geht, so wird die Finsterniß auch nur partial seyn, oder es wird nur, dort der südliche und hier der nördliche Rand des Mondes verfinstert werden. Wenn zur Zeit des Vollmondes, wo allein die Mondesfinsternisse vorfallen können, die Breite des Mondes kleiner, als 30 Min. ist, so hat eine totale Finsterniß Statt. Ist sie zwischen 30 und 64 Minuten, so wird die Finsterniß bloß partial seyn. Ist endlich die Breite des Mondes größer als 64 Minuten, so geht der Mond ganz über oder ganz unter dem Schattenkegel vorbei, und es hat gar keine Finsterniß Statt.

Um den Lesern einen Begriff von der Art zu geben, wie man eine Mondsfinsterniß berechnet, wollen wir zuerst bemerken, daß man für jeden gegebenen Vollmond aus den astronomischen Kalendern, von der Sonne sowohl als auch von dem Monde, die Länge, Breite, Halbmesser und Parallaxe, nebst den stündlichen Veränderungen dieser Größen, leicht finden kann. Nehmen wir an, die Differenz dieser stündlichen Bewegung des Mondes und der Sonne in Länge betrage 0°.4 und in Breite 0°.3. Sieht man diese zwei Größen als die zwei kleinern Seiten eines rechtwinkligen Dreiecks an, so findet man, daß die dritte oder größte Seite dieses Dreiecks 0°.5 beträgt, und diese letzte Zahl kann man als die Differenz der stündlichen Bewegung beider Gestirne in der Richtung der Mondesbahn ansehen. Es sey nun T (Fig. 28) der Mittelpunkt des kreisförmigen Schattenschnitts GEH, und GTH die Ekliptik, wo man den Halbmesser TG oder TE dieses Kreises, auf irgend einem geradlinigen Maßstab, gleich der Horizontalparallaxe des Mondes (§. 64) weniger dem Halbmesser der Sonne aufträgt. Mit demselben Maßstabe trage man auf GH die Senkrechte TO gleich der Breite des Mondes zur Zeit des Vollmondes auf und zeichne in dem Punkte O den Winkel TOK gleich 53°.8′ (nämlich Tang. TOK $= \frac{0.4}{0.3}$) ist, so wird dann diese Linie KMB die scheinbare Bahn des Mittelpunktes des Mondes ausdrücken. Zieht man dann aus demselben Punkte T auf diese Bahn die Senkrechte TM, so kennt man in dem bei M rechtwinkligen Dreiecke TOM die Seite

Digitized by Google

TO und den Winkel bei O, also kann man auch (§. 62) die Seiten TM und OM finden, und OM, durch die obige stündliche Bewegung 0°.5 dividirt, wird die Zeit geben, in welcher der Mond diesen Theil OM seiner Bahn durchläuft, und der Endpunkt M dieses Theiles ist offenbar der Ort des Mittelpunkts des Mondes zur Zeit der Mitte der Finsterniß, da er unter allen Punkten der Bahn KB dem Mittelpunkte T des Schattens am nächsten ist, da also auch hier die Verfinsterung des Mondes am größten seyn muß. Weil aber die Zeit, wo der Mond in O ist, bereits bekannt ist (denn dieß ist eben die Zeit des Vollmondes), so wird man nur dazu die jetzt ebenfalls bekannte Zeit des Mondes durch den Bogen OM setzen, um sofort auch die Zeit der Mitte der Finsterniß zu erhalten.

Um nun auch den Anfang oder das Ende der Finsterniß zu erhalten, wollen wir bemerken, daß der Mittelpunkt des Mondes zum Anfang der Finsterniß in A und zum Ende derselben in B ist, so daß, für diese beiden Lagen, der Rand des Mondes den Rand des Schattenschnitts eben berührt, daß also auch die Linie TA oder TB gleich der bekannten Summe der Halbmesser des Schattens und des Mondes ist. Demnach kennen wir wieder in dem bei M rechtwinkeligen Dreiecke TMA die Seite TA, und, aus dem Vorhergehenden, die Seite TM, also kann man auch daraus (§. 62) die Seite MA finden, die gleich MB ist. Verwandelt man dann diese Seite in Mondeszeit (durch die Division von 0°.5 in unserem Beispiele) und addirt oder subtrahirt man endlich diese Zeit von der bereits bekannten Zeit der Mitte der Finsterniß, so erhält man auch sofort die gesuchte Zeit des Anfangs und des Endes derselben.

Will man noch die Größe GE der Verfinsterung des Mondes wissen, so ist diese offenbar gleich TE weniger TC, d. h., gleich der Summe der Halbmesser des Schattens und des Mondes, weniger der schon vorhin gefundenen Größe TM. Man sieht, daß es im Grunde sehr leicht ist, eine Mondsfinsterniß zu berechnen, da man dazu bloß die ersten Elemente der ebenen Trigonometrie (§. 62 I.) zu kennen braucht, und daß daher die mit diesen Gegenständen Unbekannten mit Unrecht einen so großen Werth auf diese Rechnung legen, als wären sie das Schwerste und Höchste, das ein Astronom zu leisten im Stande ist.

Noch wird es interessant seyn, zu erfahren, an welchen Orten der Erde eine auf diese Weise berechnete Mondsfinsterniß sichtbar ist. Offenbar wird aber die Finsterniß allen denjenigen Bewohnern der Erde sichtbar seyn, die überhaupt den Mond selbst zur Zeit der Finsterniß sehen können, was, wie wir bald erfahren werden, bei den Sonnenfinsternissen keineswegs eben so Statt hat. Wenn der Mond, zur Zeit der Mitte der Finsterniß, in dem Punkte h (Fig. 27) ist, so sieht ihn der Zuschauer auf der Erde in h Abends bei Sonnenuntergang, der Zuschauer in O um die Zeit seiner Mitternacht, und endlich der Zuschauer in g Morgens zur Zeit seines Sonnenaufgangs, weil sich nämlich die Erde in der Richtung hog, von West nach Ost dreht, und weil die von der Sonne S abgewendete Hälfte der Erde eben ihre Nacht hat. Auch bemerkt man leicht, aus dem bloßen Anblick der Zeichnung, daß die Orte der Erde um h den Anfang der Finsterniß um die Zeit des Aufgangs des Mondes, daß sie also im Allgemeinen die ganze Dauer der Finsterniß sehen, während die Zuschauer auf der Ostseite um g den Anfang beim Untergang des Mondes, und daher von den späteren Erscheinungen der Finsterniß nichts mehr erblicken u. s. w.

Besser und umständlicher wird man diese Umstände einer Finsterniß mit Hilfe eines Erdglobus (Einl. §. 30 I.) bestimmen. Nehmen wir, um

Digitized by Google

uns sogleich durch ein Beispiel deutlich zu machen, an, daß Anfang und Ende einer Finsterniß um 6 und um 10 Uhr Abends, Wiener Zeit, gefunden wurde, und daß die nördliche Declination des Mondes zur Zeit der Finsterniß 20 Grade betrage. Dieß vorausgesetzt, stellt man den Nordpol des Globus 20 Grade über seinem Horizont, so wird dann der irdische Parallelkreis, der die geographische Breite von 20 Graden hat, durch den höchsten Punkt des Globus gehen. Man bringe nun Wien unter die untere Hälfte des Meridians von Messing und stelle den Zeiger der Rose auf 12 Uhr. Dann drehe man den Globus gen Ost um 6 Stunden, so steht der Punkt der Erde (Cochinchina) am höchsten Punkt des Globus, der bei dem Anfang der Finsterniß den Mond eben in seinem Zenithe sieht; alle Orte unter dem Meridian (Irkuzk, Java, die Westküste von Neuholland) sehen den Anfang zur Zeit ihrer Mitternacht; alle Orte auf der westlichen Hälfte des Horizonts (Spanien, das Cap der guten Hoffnung) sehen den Anfang bei Sonnenuntergang, und alle auf der östlichen Hälfte (der Sclavensee, die Sandwichsinseln, Neuseeland) sehen den Anfang bei Sonnenaufgang, oder, was dasselbe ist, bei dem Untergang des Mondes. Ueberhaupt sehen alle Bewohner derjenigen Hälfte des Globus, die jetzt über dem Horizonte ist, den Mond, also auch den Anfang der Finsterniß, während die in der unteren Hälfte den Anfang nicht sehen können. — Dreht man dann den Globus noch weiter gegen Ost, bis der Zeiger 10 Uhr gibt, so werden alle jetzt über dem Horizonte liegende Orte das Ende der Finsterniß sehen, die unter dem Meridian (Archangel, Teheran, die östlichste Spitze von Afrika) sehen das Ende in ihrem Mittage u. s. w. Diejenigen, welche bei der ersten Stellung des Globus über und bei der zweiten unter dem Horizonte waren, sehen den Anfang, aber nicht das Ende; die bei der ersten Stellung unter und bei der zweiten über dem Horizonte waren, sehen bloß das Ende, und die bei beiden Stellungen über oder unter dem Horizonte lagen, sehen die ganze Finsterniß oder gar nichts von derselben. Man kann sich von diesen vier Arten von Zuschauern einen schnellen Ueberblick verschaffen, wenn man, in jenen beiden Stellungen des Globus, den Durchschnitt desselben mit dem Horizonte durch Kreide bezeichnet, wodurch man zwei größte Kreise der Kugel erhält, die sich durchschneiden und welche die erwähnten vier Gattungen von Zuschauern von einander scheiden.

§. 175. (Sonnenfinsternisse.) Oft sieht man den Schatten einer Wolke, wenn sie von den Winden getrieben wird, über die Erde ziehen, und wenn der Schatten den Zuschauer erreicht, ihm den Anblick der Sonne rauben, während andere, außer dieser Schattengränze, noch von ihr beschienen werden. Dieß ist ein treues Bild einer andern Erscheinung, die der Mond öfter zur Zeit seines Neulichtes darbietet. Dann steht er nämlich in derselben Gegend des Himmels, wie die Sonne, und wenn ihn seine Bahn nahe genug bei der Erde vorüberführt, so wird er auch allen denjenigen Bewohnern der Erde, die sich in der geraden Linie, die durch Sonne und Mond geht, befinden, den Anblick der Sonne entziehen, oder eine Sonnenfinsterniß verursachen.

Geht daher der Mond zur Zeit seines Neulichtes für uns mitten durch die Sonne, so wird er, wenn anders sein scheinbarer Halbmesser größer ist, als jener der Sonne, die ganze Sonne bedecken, oder die Finsterniß wird total seyn. Im Gegentheile wird er die Sonne nicht ganz bedecken, sondern noch rings um sich einen hellen Rand der Sonne frei lassen, oder die Finsterniß wird ringförmig seyn. Geht endlich, wie es meistens geschieht, der Mond nicht mitten durch die Sonne, so

Digitized by Google

wird er uns nur einen Seitentheil derselben bedecken, oder die Finsterniß wird partial seyn.

Bei einer Mondsfinsterniß sehen alle Bewohner der Erde, die nur überhaupt noch den Mond sehen, die Finsterniß in demselben Augenblicke, und auch von derselben Größe, weil hier der Mond, durch den Erdschatten, seines Lichtes in der That beraubt wird. Bei einer Sonnenfinsterniß aber wird das Licht der Sonne durch den Mond nur verstellt, und zwar nur für diejenigen verstellt, welche sich in der Richtung der durch Sonne und Mond gehenden Linie befinden, während die aus jener Richtung liegenden Bewohner der Erde, wie dort bei der Wolke, diese Finsterniß entweder gar nicht, oder doch eine andere Größe derselben sehen. Man sieht daraus, daß die Berechnung einer Sonnenfinsterniß mehr Schwierigkeiten darbietet, als die einer Mondsfinsterniß, weil dort auch auf den Stand des Beobachters Rücksicht genommen werden muß, die hier ganz wegfällt. Doch hat man die Regeln, welche man bei der Berechnung beider Arten von Finsternissen zu beobachten hat, auf so einfache Ausdrücke zurückgebracht, daß sie von jedem nur mit einiger Kenntniß des Gegenstandes versehenen Anfänger ohne Mühe ausgeführt werden können.

Uebrigens sind die Sonnenfinsternisse für die ganze Erde im allgemeinen viel häufiger, als die des Mondes, da in 18 Jahren nahe 40 derselben statt haben. Für einen bestimmten Ort der Erde aber, z. B. für Paris und Wien sind die daselbst sichtbaren Sonnenfinsternisse beinahe dreimal seltener, als die Mondesfinsternisse, so daß im Durchschnitte jeder Ort nur alle zwei Jahre eine Sonnenfinsterniß, und erst in 200 Jahren eine totale zu erwarten hat.

Die nächsten in Europa sichtbaren größeren Sonnenfinsternisse sind:

1836 am 15. Mai.
1837 — 4. Mai.
1839 — 15. März.
1841 — 21. Februar und 18. Julius.
1842 — 8. Julius.
1847 — 9. October.
1851 — 28. Juli.

Die älteste Nachricht von Finsternissen, die auf uns gekommen, ist die von dem Jahre 2550 vor Ch. G., welche wie die heiligen Bücher der Chinesen erzählen, die Astronomen Ho und Hi falsch berechneten, und dafür mit dem Tode bestraft wurden. Die älteste eigentliche Beobachtung von Finsternissen aber hat uns Ptolemäus in seinem Almagest erhalten. Sie bestehen in zwei Mondsfinsternissen, welche die Chaldäer zu Babylon i. J. 719 und 720 vor Ch. beobachtet haben.

Während die Mondsfinsternisse nur zur Zeit des Vollmonds statt haben, wo sich die Erde in gerader Linie zwischen Sonne und Mond befindet, so ereignen sich im Gegentheile die Sonnenfinsternisse nur zur Zeit des Neumonds, wo der Mond in gerader Linie zwischen Sonne und Erde steht. Sey T B und S (Fig. 29) der Mittelpunkt der Erde, des Monds und der Sonne zur Zeit des Neumonds. Zieht man die Tangenten Gm und Hm auf denselben Seiten des Monds und der Sonne, so erhält man dadurch den kegelförmigen Kernschatten amc, den der Mond auf die Erde wirft und dessen Spitze, wenn sie in die Erde eindringen könnte, bis b reichen würde. Zieht man aber die Tangente Hn und Gn' auf entgegengesetzten Seiten des Monds und der Sonne, so erhält man dadurch den Halbschatten acnn' des Monds, der ebenfalls ein Kegel ist, dessen Spitze in o, zwischen Mond und Sonne, liegt.

Digitized by Google

Der Beobachter m, in der Mitte des vollen Schattens, oder in der Axe BbT des Schattenkegels, sieht die Sonne von dem Monde gänzlich bedeckt. Der Beobachter n, in der westlichen Gränze des Halbschattens, sieht, zu derselben Zeit, die Berührung beider Gestirne am östlichen Sonnenrande, der in n' sieht die Berührung derselben in dem westlichen Sonnenrand; die Zuschauer zwischen m und n sehen den östlichen Theil der Sonne, bei H, und zwar desto mehr bedeckt, je näher sie selbst bei m stehen, und die zwischen m und n' endlich sehen die westliche Seite der Sonne, bei G, desto mehr verfinstert, je näher sie selbst bei m stehen. Die außer dem Bogen nmn' liegenden Beobachter aber sehen in diesem Augenblicke von der Finsterniß gar nichts. Man sieht also, daß die Sonnenfinsternisse keineswegs für alle Orte der Erde in demselben Augenblicke gleich groß erscheinen, wie dieß bei den Mondsfinsternissen allerdings der Fall war. Die Ursache davon liegt offenbar in der Parallaxe des Monds (§. 64) oder in der Verschiedenheit des Ortes, den er, für verschiedene Zuschauer auf der Oberfläche der Erde am Himmel einzunehmen scheint.

Der Kernschatten amc (Fig. 29), so wie der ihn umgebende viel größere Halbschatten acmn' breiten sich über der Erde in einem kreisförmigen Raume aus. Diese Schattenkreise ziehen während der Finsterniß über die Erde hin, und der krumme Weg, den jeder Punkt derselben auf der Oberfläche der Erde beschreibt, ist zur Zeit der beiden Sonnenwenden nahe dem Aequator parallel, während er zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche von Südwest nach Nordost, und bei der Herbstnachtgleiche von Südwest nach Südost geht. Diejenigen Bewohner der Erde, die auf diesem Schattenwege des Monds liegen, sehen allein die Finsterniß: allen anderen ist sie unsichtbar. Diejenigen, welche an den beiden äußersten, südlichen und nördlichen, Gränzen des Schattenwegs liegen oder die auf dem Wege der beiden Punkte n und n' liegen, sehen bloß eine Berührung der Ränder der Sonne und des Monds; die in der Mitte zwischen mn oder mn' sind, sehen alle die Sonne halb bedeckt, und diejenigen endlich, die auf dem Wege liegen, welchen der kreisförmige Raum des Kernschattens m beschreibt, sehen eine totale oder völlige Verfinsterung der Sonne.

Wenn der Mond B zur Zeit seines Neulichts so weit von der Erde entfernt ist, daß die Spitze b des Kernschattens nur eben die Erde berührt, so geht jener Kreis in einen einzigen Punkt über, und diejenigen Bewohner der Erde, die auf dem Wege dieses Punkts b liegen, sehen zwar noch eine totale Finsterniß, aber ohne Dauer, d. h. die völlige Verdunklung der Sonne dauert nur einen Augenblick. Ist aber der Mond noch weiter von der Erde entfernt, so trifft die Spitze b des Kernschattens die Erde gar nicht mehr, und dann ist die Finsterniß nirgends auf der Erde total, aber dafür werden diejenigen Zuschauer, die auf dem Wege der verlängerten Schattenaxe Bm liegen, eine ringförmige Sonnenfinsterniß sehen, wo die Sonne von dem Monde, der hier kleiner erscheint, als jene, zwar central bedeckt wird, aber doch rings um den Mond noch ein Theil der Sonne in der Gestalt eines lichten Ringes frei bleibt. Die Breite dieses Ringes kann bis $1\frac{1}{2}$ Minute gehen.

Der Mond bewegt sich bekanntlich in seiner Bahn von West nach Ost oder von A nach B (Fig. 30), und eben so dreht sich auch die Erde T in ihrer täglichen Bewegung in der Richtung gmh um ihre Axe. Wenn daher der Mond auf seinem Wege in den Punkt A kömmt, so berührt der östliche Rand seines Halbschattens die Erde auf der Westseite in g. Die Bewohner der Umgegend von g sehen also, unter allen Zu-

Digitized by Google

schauern zuerst, die Sonne verfinstert. Dieser Anfang der Finsterni für die Erde überhaupt hat auf dem Westrande der Sonne statt, un er ereignet sich, wie man aus dem bloßen Anblicke der Zeichnung sieh in dem Augenblicke, wo den Bewohnern der Umgegend von g die Sonn eben aufgeht. — Gelangt endlich der Mond gegen das Ende der Fin sterniß in den Punkt c seiner Bahn, so berührt jetzt der westliche Ran des Halbschattens die Erde auf der Ostseite in h, und die Bewohner de Umgegend von h sehen, unter allen Orten der Erde, die Sonne zule an ihrem östlichen Rande und zwar zu derjenigen Zeit verfinstert, wo ihnen die Sonne eben untergeht. Da übrigens der Mondschatten so wie der Mond selbst, von West nach Ost über die Erde zieht, s müssen die westlichen Länder der Erde die Sonne früher verfinstert sehen als die östlichen.

Auch die Sonnenfinsternisse können nur dann statt haben, wenn de Mond, zur Zeit seines Neulichts, nahe bei seinen Knoten ist. Ist im Augenblicke des Neulichts die Breite des Monds größer als 1° 2′, s kann keine totale Finsterniß, und ist sie größer als 1° 35′, so kann ga keine Finsterniß mehr statt haben, weil in dem letzten Falle der Halb schatten des Monds ganz außerhalb der Erde fällt.

Bei den Mondfinsternissen zeigt sich der Rand des Erdschattens au dem Monde sehr schlecht begränzt, was eine Folge des dort dichten Theil des Halbschattens ist. Zur Zeit der gänzlichen Verfinsterung des Monde sieht man ihn, besonders durch Fernröhre, immer noch in einem schwachen meist röthlichen oder kupferfarbigen Lichte schimmern. Bei Sonnenfin sternissen aber bemerkt man, so lange auch nur ein kleiner Theil de Sonne unbedeckt ist, keine auffallende Verdunklung auf die Erde. I dem Augenblicke aber, wo der letzte lichte Punkt der Sonne verschwinde tritt plötzlich eine ganz eigene Dunkelheit auf der Oberfläche der Erd ein, die gleichsam ein Mittel zwischen einer schwachen Dämmerung un einer völligen Nacht hält, bei der die größern Gestirne am Himme sichtbar werden, die Thiere auf der Erde ihre nächtlichen Lager suche und die Temperatur der Atmosphäre schnell um mehrere Grade sinkt.

§. 176. (Satelliten Jupiters.) Um den Planeten Jupiter beweger sich vier Monde, die gleich nach der Erfindung der Fernröhre von Galile im Jahre 1610 entdeckt worden sind. Obgleich man sie erst seit 200 Jahre mit Genauigkeit beobachtet, so haben sie uns doch, durch die Schnellig keit ihrer Revolutionen, bereits alle die Veränderungen kennen lassen welche sich in unserem Planetensysteme erst in einer Reihe von viele Jahrtausenden entwickeln werden.

Folgende Tafel zeigt ihre Umlaufszeiten und Entfernungen von dem Mittelpunkte Jupiters, und die wahren Halbmesser desselben.

	Umlaufszeiten in Tagen			Entfernungen		Halbmesser
	siderische	tropische	synodisch	in Theilen des Jupitersäquator	in geogr. Meilen	in geogr. Meilen
I.	1.76914	1.76914	1.76987	5.818	54980	286
II.	3.55118	3.55118	3.55409	9.256	87470	230
III.	7.15455	7.15455	7.16638	14.765	139530	400
IV.	16.68902	16.68899	16.75355	25.969	245400	290

Diese Tafel zeigt, daß auch diese Satelliten das dritte Gesetz Keplers (§. 146) beobachten.

Digitized by Google

Oft sieht man diese Monde plötzlich verschwinden, und nach einigen Stunden weiter östlich wieder erscheinen. Man erkannte bald, daß diese Mondsfinsternisse durch den Schatten ihres Hauptplaneten hervorgebracht werden, und daß daher beide Himmelskörper an sich dunkel sind, und ihr Licht nur von der Sonne erhalten. Mit guten Fernröhren sieht man diese Satelliten auch oft an der östlichen Scheibe Jupiters in dieselbe eintreten, und auf derselben gegen den westlichen Rand fortrücken, wo ihnen nahe eben so große dunkle Flecken folgen, die denselben Weg, wie jene, und mit derselben Geschwindigkeit zurücklegen. Diese Flecken sind die Schatten der Satelliten, welche sie auf ihren Hauptplaneten werfen. Diese Erscheinungen sind daher wahre Sonnenfinsternisse, welche diese Monde auf der Oberfläche Jupiters veranlassen.

§. 177. (Merkwürdige Verhältnisse zwischen diesen Satelliten.) Vergleicht man die mittleren Längen der drei dem Jupiter nächsten Satelliten, so findet man, daß für jede gegebene Epoche die Länge des ersten oder nächsten sammt der doppelten Länge des zweiten, weniger der dreifachen Länge des dritten immer gleich 180 Graden ist. Eben so ist die mittlere siderische Bewegung des ersten für irgend einen Zeitraum sammt der doppelten des zweiten immer gleich der dreifachen Bewegung des dritten während derselben Zeit. Daraus folgt, daß diese drei Satelliten nie alle zugleich verfinstert werden können.

Die Neigungen der Bahnen dieser Satelliten gegen den Aequator Jupiters sind sämmtlich sehr gering. Ohne Zweifel sind sie ebenfalls Ellipsen, in deren einem Brennpunkte der Mittelpunkt ihres Hauptplaneten liegt. Aber sie sind alle zu weit von uns entfernt, um die Excentricität ihrer Bahnen beobachten zu können, die zwei äußersten ausgenommen, bei denen man sie in der That schon bemerkt hat.

§. 178. (Anwendung derselben zu andern astronomischen Untersuchungen.) Es ist bereits oben bemerkt worden (§. 77), daß die Beobachtung der Finsternisse dieser Monde uns die Geschwindigkeit des Lichts kennen gelehrt hat.

Eben so geben uns auch dieselben Finsternisse wenigstens eine erste genäherte Kenntniß der Entfernung Jupiters von der Sonne. Denn zur Zeit der Mitte einer jeden dieser Finsternisse ist der Satellit, aus dem Mittelpunkte Jupiters gesehen, sehr nahe in Opposition mit der Sonne, oder seine von Jupiter gesehene Länge ist gleich der heliocentrischen Länge Jupiters, die uns durch die Tafeln (§. 144) dieses Planeten gegeben ist. Eben so geben uns aber auch die Sonnentafeln die heliocentrische Länge der Erde für dieselbe Zeit. Man kennt daher in dem Dreiecke zwischen Sonne, Erde und Jupiter den Winkel an der Sonne, der gleich der Differenz jener beiden heliocentrischen Längen ist, und überdieß, durch unmittelbare Beobachtung, auch den Winkel an der Erde, also kennt man auch (§. 62 III.) die Entfernungen Jupiters von der Sonne in Theilen der Entfernung der Erde von der Sonne.

§. 179. (Bestimmung der geographischen Länge.) Endlich kann man diese Finsternisse auch sehr bequem zu Bestimmungen der geographischen Länge der Beobachtungsorte auf der Oberfläche der Erde anwenden. Da sie nämlich, so wie unsere Mondsfinsternisse (§. 175), wahrhafte Beraubungen des Lichts sind, welches diese Satelliten von der Sonne erhalten, und welches sie, wenn sie in den Schatten ihres Hauptplaneten treten, verlieren, so muß der Anfang oder das Ende dieser Finsternisse an allen Orten der Erde in einem und demselben Augenblicke gesehen werden. Drückt daher jeder Beobachter derselben diesen Anfang der Finsterniß in der Zeit seines Ortes aus, so darf man nur diese Ortszeiten zweier

Digitized by Google

Beobachter von einander subtrahiren, um sofort auch die Differenz der Längen beider Beobachter zu erhalten. Hätte man z. B. eine solche Finsterniß zu Paris um $8^h\ 20'\ 40''$ und zu Wien um $9^h\ 16'\ 50''$ beobachtet, so würde die Differenz der Meridiane, d. h. die Differenz der geographischen Längen dieser beiden Orte $0^h\ 56'\ 10''$ oder $14°\ 2'\ 30''$ seyn, um welchen Bogen Wien östlicher als Paris liegt. Dasselbe gilt unverändert auch von den Mondsfinsternissen des Satelliten unserer Erde, aber nicht von den Sonnenfinsternissen (§. 175). Denn diese letzten haben für verschiedene Beobachter zu verschiedenen Zeiten statt, und können daher nicht, wie jene, als tautochrone Erscheinungen beobachtet werden. — Man verfährt aber bei diesen Sonnenfinsternissen, so wie bei den Bedeckungen der Fixsterne von dem Monde gewöhnlich so, daß man die Ortszeit jeder Beobachtung durch eine eigene Rechnung auf diejenige Zeit bringt, zu welcher man dieselbe Finsterniß aus dem Mittelpunkte der Erde gesehen haben würde. Diese Rechnung kann, bei der gegenwärtigen Vollkommenheit unserer Mondstafeln, mit großer Sicherheit geführt werden. Diese geocentrischen Beobachtungen aber, in verschiedenen Ortszeiten ausgedrückt, sind offenbar wieder als solche tautochrone Erscheinungen zu betrachten, deren Zeiten man daher nur von einander subtrahiren darf, um sofort die gesuchte Differenz der geographischen Länge jener Beobachtungsorte zu erhalten.

§. 180. (Satelliten Saturns.) Den Saturn umgeben sieben Monde, welche aber, den sechsten ausgenommen, der an Größe den Mars übertrifft, sämmtlich so klein sind, daß sie nur durch gute Fernröhre wahrgenommen werden können, aus welcher Ursache auch die Theorie ihrer Bewegungen noch sehr wenig bekannt ist. Ihre siderischen Umlaufszeiten um diesen Planeten, ihre mittleren Entfernungen von denselben, und endlich die Durchmesser derselben gibt folgende Tafel.

	Siderische Revolution in Tagen	Mittlere Distanz vom Mittelpunkt Saturns		Durchmesser in deutschen Meilen
		In Secunden	In Halbmessern Saturns	
I.	0.943	28.7	3.35	. .
II.	1.370	26.8	4.30	. .
III.	1.888	43.5	5.28	140
IV.	2.739	56.0	6.83	140
V.	4.517	78.0	9.52	360
VI.	15.945	180.0	22.08	1050
VII.	79.330	522.5	64.36	618

Man bemerkt daher auch bei ihnen die Bewegung nach dem dritten Gesetze Kepler's. Die Durchmesser der beiden ersten sind äußerst schwer zu bestimmen, besonders der des nächsten an dem Hauptplaneten, der wahrscheinlich der kleinste der uns bekannten Himmelskörper ist. Die Excentricitäten dieser Satellitenbahnen können, wegen der zu großen Entfernung derselben, nicht mit Genauigkeit bestimmt werden. Die Nei-

Digitized by Google

gungen dieser Bahnen aber gegen die Saturnsbahn sind viel beträchtlicher, als bei den Monden Jupiters, daher auch ihre Finsternisse viel seltener sind. Bei dem siebenten oder dem von Saturn entferntesten Monde hat man bemerkt, daß er auf der Ostseite seines Hauptplaneten immer heller erscheint, als bei seiner westlichen Digression. Mit mehr Verläßlichkeit hat man ähnliche Beobachtungen auch an den Satelliten Jupiters angestellt, und daraus geschlossen, daß sich diese Satelliten alle, so wie unser Mond (§. 166) in derselben Zeit um ihre Axe drehen, in welcher sie sich um ihren Hauptplaneten bewegen. Diese Gleichheit der Revolution und der Rotation scheint daher ein allen Satelliten gemeinsames Gesetz zu seyn.

§. 181. (Satelliten des Uranus.) Noch unbekannter sind uns die sechs Satelliten des äußersten unserer Planeten, des Uranus. Nach den Beobachtungen des älteren Herschels sind die siderischen Umlaufszeiten und die Entfernungen derselben von dem Mittelpunkte des Uranus folgende.

	Siderische Umlaufszeiten in Tagen	Mittlere Entfernung in Halbmessern des Uranus
I.	5.89	13.1
II.	8.71	17.0
III.	10.96	19.8
IV.	13.46	22.7
V.	38.07	45.5
IV.	107.69	91.0

Die Bahnen dieser sechs Monde sollen alle auf der Uranusbahn nahe senkrecht stehen. Wenn daher auch hier, wie es bei Jupiter und Saturn der Fall ist, die Bahnen der Satelliten nahe mit dem Aequator ihrer Hauptplaneten zusammen fallen, so würde die Schiefe der Ekliptik bei Uranus nahe ein rechter Winkel seyn, und daher auf ihn die oben (§. 91) gegebene Bemerkung unmittelbar angewendet werden können.

§. 182. (Ring Saturns.) Wir kehren noch einmal zu diesem Planeten zurück, um einer Eigenthümlichkeit desselben zu erwähnen, die im ganzen gestirnten Himmel, so weit wir denselben kennen, ohne Beispiel ist. Saturn ist nämlich, nebst seinen sieben Monden, noch mit einem doppelten, kreisförmigen, dem Hauptplaneten concentrischen Ringe umgeben, dessen Daseyn zuerst Huygens im Jahre 1655 erkannt hat. Beide Ringe liegen nahe in der Ebene des Aequators dieses Planeten. Die Dimensionen dieser Ringe sind für die mittlere Distanz des Uranus von der Erde nach den neuesten Messungen folgende:

Aeußerer Ring. Aeußerer Halbmesser A = 20″.047; innerer Halbmesser B = 17″.644.

Innerer Ring. Aeußerer Halbmesser a = 17″.237; innerer Halbmesser b = 13″.334.

Dabei wird der Aequatorialhalbmesser Saturns selbst gleich r = 8″.995 vorausgesetzt. Dem gemäß ist daher die Breite des äußeren Rings A − B = 2″.403 und die des inneren a − b = 3″.903. Die Breite

Digitized by Google

der Spalte zwischen beiden Ringen ist B — a = 0″.408, und der Abstand des inneren Randes des kleineren Rings von der Oberfläche Saturns endlich ist b — r = 4″.339. Multiplicirt man diese Zahlen durch 951, so erhält man diese Dimensionen in deutsche Meilen ausgedrückt.

Da die Ebene dieses kreisförmigen Ringes gegen die Ekliptik nahe 28°.37 geneigt ist, so zeigt er sich uns in der Gestalt einer Ellipse. Die große Axe dieser Ellipse erscheint uns unter dem Winkel von 40″.2, wenn Saturn in seiner mittleren Entfernung von der Erde ist, die kleinere Axe derselben aber ist, nach der Lage der Ringebene gegen die Erdbahn, sehr verschieden. Wenn diese kleine Axe am größten ist, so beträgt sie 19″.1. Sie kann aber auch für die Bewohner der Erde völlig verschwinden, und dann sehen wir den Saturnsring entweder nur als eine gerade Linie, oder er wird uns gänzlich unsichtbar. Dieser Fall tritt ein, wenn die erweiterte Ebene des Rings durch die Sonne geht und daher nur die schmale Kante desselben beschienen wird, oder wenn die Ringebene durch die Erde geht, oder endlich, wenn die von der Sonne beschienene Seitenfläche des Rings von der Erde abgewendet, und nur die dunkle Seite desselben uns zugekehrt ist. Wir werden später auf diese interessanten Gegenstände wieder zurückkommen.

Kapitel XII.

Refraction, Präcession und Nutation.

§. 183. (Höhe und Dichtigkeit der Atmosphäre.) Nachdem wir in dem Vorhergehenden die Erscheinungen des Himmels im Allgemeinen betrachtet haben, gehen wir nun zu einigen anderen zurück, die zwar weniger auffallend und für die ersten Beobachter vielleicht ganz unbemerkbar sind, die aber sowohl an sich, als auch in Beziehung auf unsere genauere Kenntniß der himmlischen Bewegungen, zu wichtig sind, als daß sie hier übergangen werden könnten.

Unsere Erde ist bekanntlich ringsum von einem Luftmeere umgeben, an dessen Grunde wir uns aufhalten. Diese Luft scheint sich nicht eben sehr hoch über die Oberfläche der Erde zu erstrecken, da wir auf den Gipfeln hoher Berge und in unsern Aerostaten schon in der Höhe von einer deutschen Meile eine starke Abnahme derselben bemerken. Wir können diese Abnahme durch das bekannte Barometer beobachten. Dieses Instrument ist nämlich nicht, wie man noch jetzt so häufig glaubt, bestimmt, uns die künftige Witterung zu verkündigen, sondern bloß das Gewicht oder den Druck desjenigen Theiles der Luft anzugeben, der noch über diesem Instrumente bis zur höchsten Gränze der Atmosphäre enthalten ist. Je höher der Barometer über der Oberfläche der Erde steht, desto kürzer ist die noch übrige Luftsäule, die über demselben enthalten

Digitized by Google

ist, desto geringer ist also auch der Druck dieser Säule, selbst wenn sie überall von gleicher Dichte wäre, und desto niedriger ist endlich auch der Stand des Quecksilbers in der Glasröhre des Instruments, so daß man daher, durch den Stand des Barometers, den Druck der Luft in jeder Höhe über der Erde, also auch, wenn dieser Druck schon aus anderen Gründen bekannt ist, jene Höhe über der Erde messen kann.

Die Luft hat nämlich, wie alle anderen Körper, eine bestimmte Schwere oder ein bestimmtes Gewicht, mit welchem sie auf die unter ihr liegenden Gegenstände einen Druck ausübt. An der Oberfläche des Meeres hält dieser Druck der Luft einer Quecksilbersäule des Barometers von 28 Par. Zollen das Gleichgewicht, wenn das Thermometer 0 Grad R. zeigt, wodurch man also gleichsam das Maß dieses Druckes erhält. Unter diesem Drucke und bei dieser Temperatur der Luft, verhält sich, wie die physischen Versuche von Biot und Arago zeigen, die specifische Schwere der Luft zu der des Quecksilbers wie 1 zu 10462. Wenn daher die Atmosphäre durchaus dieselbe Dichte hätte, so würde ihre Höhe über der Erde 28mal 10462 Zolle oder 24411 Par. Fuß, d. h. also nahe eine d. Meile betragen, und das Quecksilber würde an allen Orten der Atmosphäre gleichviel, z. B. um einen Zoll fallen, wenn man an diesen Orten um dieselbe Größe, z. B. um 1000 Fuß höher steigt. Dann würde man nämlich für die Barometerstände von 27, 26, 25 und 24 Zollen in derselben Ordnung die Höhen der Beobachtungsorte über der Erde 872, 1744, 2615 und 3587 Fuß erhalten. — Allein dieß ist den Beobachtungen keineswegs gemäß. Wenn man sich nahe 1050 Par. Fuß über das Meer erhebt, so sinkt das Barometer auf 27 Zolle herab; in der Höhe von 1970 Fuß über dem Meere zeigt es 26 Zolle, in der Höhe von 2930 Fuß 25 Zolle, in der Höhe von 3930 Fuß 24 Zolle u. s. w. Aus diesen Zahlen folgt, daß die Dichte der Luft nicht in allen ihren Höhen dieselbe seyn kann. Der berühmte Physiker Mariotti hat gefunden, daß diese Dichte der Luft dem Druck derselben, also den Barometerhöhen selbst proportional ist. Nach diesem Gesetze müssen also die unteren, der Erde näheren Schichten dichter seyn, als die oberen, deren Gewicht jene ersten zusammendrückt. Wenn die Temperatur der Luft durchaus dieselbe wäre, so würde aus diesem Gesetze folgen, daß die Dichte der Luft, also auch die Barometerhöhe in einer sogenannten geometrischen Progression abnimmt, wenn die Differenzen der Höhen über der Erde in einer arithmetischen Progression wachsen. Dieß ist bei den vorhergehenden Höhen für 27, 26, 25 und 24 Zoll des Barometers der Fall, da die Differenzen dieser Höhen 920, 960, 1000 Fuß betragen, wo man jede dieser Zahlen findet, wenn man die nächstvorhergehende durch 1.04 multiplicirt, was eine charakteristische Eigenschaft der geometrischen Progressionen ist. Allein auch dieß ist nicht der Fall der Natur, und wir wissen, daß es auf hohen Bergen immer beträchtlich kälter ist, als in den Ebenen. Die in den oberen Gegenden der Atmosphäre herrschende Kälte wird also die Dichte der oberen Luftschichten wieder vermehren und so der Atmosphäre selbst Gränzen setzen. Wenn das Mariotti'sche Gesetz nach aller Schärfe wahr wäre, und wenn die Luft durchaus dieselbe Temperatur hätte, so würde sie sich, obschon in immer dünneren Schichten, von der Erde aus ohne Gränzen in den unendlichen Raum erstrecken. Wie es aber auch mit dieser Gränze der Atmosphäre sich verhalten mag, so ist aus den erwähnten Beobachtungen über die Abnahme der Dichte derselben klar, daß sie in einer Höhe, die den hundertsten Theil des Erddurchmessers, also nahe 17 Meilen, beträgt, schon so dünne seyn muß, daß nicht nur keines der uns bekannten Thiere

Digitized by Google

mehr darin leben kann, sondern daß selbst unsere feinsten physischen Instrumente uns nicht einmal die Existenz derselben mehr anzugeben im Stande seyn würden. Die für unsere Sinne vielleicht noch fühlbare Luft erstreckt sich nicht über zwei d. Meilen von der Oberfläche der Erde, und in diesen Gegenden ist die Dichte derselben nahe der achte Theil ihrer Dichte an der Oberfläche des Meeres. Bis zu dieser Höhe kann man, den Beobachtungen gemäß, die Atmosphäre, ihre Dichte ausgenommen, im Allgemeinen als gleichförmig — oder man kann sie als aus der Oberfläche der Erde parallelen sphärischen Schichten bestehend annehmen, deren jede in allen Punkten gleich dicht ist, während die Dichte der verschiedenen Schichten selbst mit ihrer Höhe von der Erde nach dem erwähnten Gesetze abnimmt. Diese Annahme ist auch der Lehre von dem Gleichgewichte der Flüssigkeiten vollkommen gemäß und sie setzt uns zugleich in den Stand, die Wirkungen dieser auf die erwähnte Weise constituirten Atmosphäre einer einfachen Rechnung zu unterwerfen. Die Uebereinstimmung der Resultate dieser Rechnungen mit jenen der unmittelbaren Beobachtungen wird dann zeigen, ob jene Voraussetzung selbst der Wahrheit gemäß ist.

§. 184. (Refraction.) Wie alle durchsichtigen Körper, so hat auch die Luft die Eigenschaft, daß sie die auf sie fallenden Lichtstrahlen, indem sie dieselben anzieht, bricht und ihnen eine andere Richtung gibt. Die Folge davon ist, daß wir die Sonne und überhaupt alle Körper des Himmels an einem ganz andern Orte sehen, als an dem, welchen sie in der That einnehmen.

Ist C (Fig. 25) der Mittelpunkt der Erde, B der Beobachter auf der Oberfläche derselben und S ein Gestirn, so wird der Lichtstrahl Ss, wenn er der ersten der oben erwähnten concentrischen Luftschichten in s begegnet, von derselben so gebrochen, daß er der Linie Cs oder dem Einfallslothe näher kömmt, als er ohne Brechung gekommen seyn würde. Da ferner die Beschaffenheit der Schichten in allen Richtungen um den Punkt s durchaus dieselbe ist, so wird der Strahl durch die Brechung nur von dem Zenithe weg, aber nicht seitwärts gebracht, so daß er auch nach seiner Brechung noch in derselben Verticalebene CSs liegt, wie vor derselben, oder daß durch diese Brechung nur die Zenithdistanz, aber nicht das Azimut des Sterns (Einl. §. 20) verändert wird. Diese Veränderung ist allerdings nur sehr gering, weil die Dichte sowohl, als die Dicke dieser ersten Schicht ebenfalls nur äußerst klein ist. Aber die zweite Schicht bewirkt eine ähnliche Veränderung oder eine ähnliche Beugung des Lichtstrahls, und da dasselbe auch von allen folgenden Schichten gilt, so wird die Wirkung aller dieser Brechungen seyn, daß der anfänglich geradlinige Strahl Ss innerhalb der Atmosphäre, oder von dem Punkte s bis zu dem Auge des Beobachters in B, eine gegen die Erde hohle krumme Linie sB beschreibt. Nun sieht man aber alle Gegenstände in derjenigen Richtung, welche der von ihm ausgehende Lichtstrahl in dem Augenblicke hat, in welchem er das Auge des Beobachters trifft, unbeschadet aller der andern Richtungen, die er etwa vor diesem Augenblicke gehabt haben kann. Daraus folgt, daß das Auge den Stern S in der Richtung der Tangente des letzten Punktes der krummen Linie sieht, die er in der Atmosphäre beschreibt, oder in der Richtung der geraden Linie Bs' S', also auch näher bei dem Zenithe Z, als es den Stern ohne Refraction gesehen haben würde. So wie aber Bs'S' die letzte Tangente jener krummen Linie ist, so ist auch die gerade Linie Ss die erste Tangente derselben. Verlängert man diese Linie Ss auf der andern Seite von s, bis sie die letzte Tangente in n und die Erde in D

Digitized by Google

trifft, so ist der Winkel BnD dieser beiden Tangenten die eigentliche Ablenkung des Strahls, die durch die Refraction hervorgebracht wird, oder dieser Winkel BnD ist die gesuchte Refraction oder die Strahlenbrechung des Sterns S für die scheinbare Zenithdistanz ZBS, in welcher ihn der Beobachter in B sieht.

§. 185. (Bestimmung der Größe der Refraction.) Es ist nun Sache der Geometrie, die Größe dieses Winkels BnD oder die Refraction der Bestirne für jede scheinbare Zenithdistanz ZBS' zu bestimmen. Man sieht von selbst, daß diese Bestimmung durch das ganze Gebiet der praktischen Astronomie von der größten Wichtigkeit ist, da sie alle unsere Beobachtungen ohne Ausnahme afficirt, und da wir durchaus von keinem Himmelskörper den wahren Ort angeben können, den er im Weltraume einnimmt, wenn wir ihn nicht zuerst von dieser optischen Täuschung befreit haben, durch welche wir alle diese Körper höher über dem Horizonte sehen, als sie es in der That sind.

Unglücklicher Weise ist aber diese Aufgabe sehr schwer mit vollkommener Schärfe zu lösen. Wir haben bereits oben (§. 162) gesagt, daß die Dichte der Luft, die, nach Mariotti's Gesetz, in jedem Punkte derselben dem Drucke der oberen Schichten proportional ist, durch die in den höheren Gegenden der Atmosphäre herrschende Kälte wieder vergrößert wird. Man nimmt gewöhnlich an, daß für jede Erhöhung von nahe 670 Par. Fuß über die Oberfläche der Erde die Temperatur der Atmosphäre um einen Grad Reaum. abnimmt. Allein diese Annahme ist keineswegs hinlänglich begründet. Unsere größten Berge und selbst unsere höchsten Luftfahrten sind noch viel zu wenig entscheidend, um von ihnen eine sichere Belehrung über die Constitution der höchsten Luftschichten hoffen zu können *). Mit einem Worte, das Gesetz, nach welchem sich die Kälte in den höheren Gegenden und also auch die Dichte der Luft daselbst ändert, ist uns noch so gut als gänzlich unbekannt, und so lange wir die Dichte der Luft in ihren verschiedenen Schichten nicht kennen, ist es auch nicht möglich, die Refraction, die ganz von dieser Dichte abhängt, zu bestimmen. Dieser Hindernisse ungeachtet haben die Astronomen, besonders in den letzten Zeiten, die Theorie der Refraction so weit vervollkommnet, daß sie nun, selbst für unsere genauesten Beobachtungen, wohl nur sehr wenig mehr zu wünschen übrig läßt. Sie haben uns Tafeln geliefert, aus welchen man für jede beobachtete Zenithdistanz die Refraction finden kann, die, zu der beobachteten Zenithdi-

*) Der höchste Berg der Erde, der Dhawalagiri in Ostindien, beträgt noch nicht 25000 Par. Fuß, und die größte Höhe, die je ein Luftfahrer erreicht hat, ist die des Gay-Lussac, von nahe 23000 Par. Fuß. Diese Höhen sind viel zu gering, um dadurch über die Constitution der obersten Schichten unserer Atmosphäre entscheidende Resultate zu erhalten. Auf einem Erdglobus von 16 Zoll im Durchmesser würden jene Höhen nur den hundertsten Theil eines Zolls oder den zehnten Theil einer Linie geben. Noch geringer sind die Tiefen unter der Oberfläche der Erde, zu denen wir bisher gekommen sind, von denen die größte nur 2500 P. Fuß beträgt. Wir kennen also von Dem, was über und unter der Oberfläche der Erde ist, kaum so viel, als auf jenem Globus die Dicke seines gewöhnlichen Ueberzuges von Papier beträgt. Die größte Höhe endlich, welche unsere feinsten Wolken noch erreichen können, scheint nicht über 49000 P. Fuß oder zwei d. Meilen zu betragen.

Digitized by Google

stanz addirt, die wahre oder diejenige gibt, welche man beobachten würde, wenn unsere Erde von keiner Atmosphäre umgeben wäre, oder wenn wir alle Gestirne an demjenigen Orte des Himmels sehen könnten, den sie in der That einnehmen.

Ohne hier diese Tafel mitzutheilen, wird es genügen, folgende Eigenschaften der Refraction zu bemerken: 1) für Sterne im Zenith des Beobachters verschwindet die Refraction. 2) Je größer die Zenithdistanz des Sterns ist, desto größer ist auch die Refraction, bis sie endlich, für Sterne, die im Horizonte erscheinen, am größten ist, und dann nahe 0° 33′ beträgt. 3) Von der Entfernung der Gestirne ist sie ganz unabhängig, weil sie alle weit außer unserer Atmosphäre liegen und die Refraction nur durch die letzte bedingt wird. 4) Bis zur scheinbaren Zenithdistanz von 45 Graden läßt sich die Refraction noch genau genug durch das Produkt von 58 Secunden in die Tangente der scheinbaren Zenithdistanz darstellen, aber für weiter vom Zenithe entfernte Sterne ist der Ausdruck für die Refraction mehr zusammengesetzt. 5) Endlich ändert sich die Refraction mit dem Zustande der Atmosphäre, besonders wenn die Dichte oder die Temperatur desselben sich ändert, daher man noch zwei Correctionen an die Refraction anbringt, deren erste von dem Barometer und die zweite von dem Thermometer abhängt.

§. 186. (Horizontalrefraction.) Wenn ein Gegenstand, z. B. die Sonne A (Fig. 25), auch noch unter dem Horizonte BH des Beobachters in B ist und also für denselben noch unsichtbar seyn sollte, so wird der von ihr ausgehende Lichtstrahl Aa, sobald er die Atmosphäre in a trifft, dieselbe ebenfalls in einer krummen Linie aB durchlaufen, und der Beobachter wird die Sonne in der Richtung der letzten Tangente dieser Curve, d. h. in der Höhe HBA′ über seinem Horizonte erblicken. Dieß ist die Ursache, warum für alle Orte der Erde die Sonne früher auf und später unterzugehen scheint, als sie in der That durch den Horizont dieser Orte geht. Durch die Refraction werden also die Tage verlängert. Diese Verlängerung ist besonders für die Gegenden innerhalb der Polarkreise sehr wohlthätig, wo die Sonne noch mehrere Tage, ja Wochen über dem Horizonte gesehen wird, wenn sie gleich schon in der That unter ihm steht und die lange Nacht dieser kalten Zonen bereits eingetreten seyn sollte. Die folgende Tafel zeigt diese Beschleunigung des Aufganges oder Verzögerung des Untergangs der Gestirne, also auch der Sonne, für verschiedene Polhöhen und Declinationen.

Geogr. Breite.	Nördl. oder südl. Declination.							
	0°		10°		20°		30°	
0°	2M.	12S.	2M.	14S.	2M.	20S.	2M.	32S.
10°	2	14	2	16	2	22	2	36
20°	2	20	2	23	2	31	2	46
30°	2	32	2	36	2	46	3	7
40°	2	52	2	57	3	12	3	47
50°	3	25	3	33	4	2	5	27
54°	3	45	3	55	4	36	7	7
58°	4	9	4	24	5	26	12	32
62°	4	41	5	3	6	50	.	.

Digitized by Google

So geht z. B. in Wien, dessen geogr. Breite 48°.2 ist, die Sonne am 21sten Mai und am 24sten Julius, wo ihre Declination 20 Grade beträgt, um 3 M. 53 S. früher auf und später unter, als sie ohne Refraction thun würde, und dasselbe hat auch am 21sten Januar und am 21sten November Statt. An diesen Tagen wird daher die Dauer der Sonne über dem Horizonte durch die Refraction um 7 M. 46 S. verlängert. Für größere Breiten und größere Declinationen wird dieser Unterschied immer beträchtlicher.

Die starke Refraction am Horizonte ist die Ursache der auffallenden Gestalt der Sonne und des Mondes bei dem Auf- oder Untergange dieser Himmelskörper, wo sie an ihrem oberen und noch mehr an ihrem unteren Rande stark abgeplattet erscheinen. Wenn die Sonne eben ganz aufgegangen ist und ihr unterer Rand noch im Horizonte steht, so wird derselbe durch die Horizontalrefraction um 33 M. erhöht (§. 185). Der obere Rand aber, der bereits eine Höhe von 32 M. über dem Horizonte hat, leidet durch die Refraction nur eine Erhöhung von 28 M., so daß daher der höchste und tiefste Punkt der Sonne einander um volle fünf Minuten näher gebracht werden, während der östliche und westliche Punkt des Sonnenrandes durch die Refraction gleichmäßig erhöht und daher in ihrer Entfernung von einander nicht verändert werden.

Diese Horizontalrefraction ist auch der Grund, warum man bei solchen Mondesfinsternissen, die am Horizonte Statt haben, den Mond sowohl, als auch die Sonne über dem Horizonte sieht, obschon diese beiden Himmelskörper zu jener Zeit um volle 180 Grade von einander entfernt seyn müssen.

Uebrigens erscheinen uns die Gestirne, wenn sie nahe am Horizonte stehen, in ihrem Lichte sehr geschwächt, so daß wir z. B. die Sonne bei ihrem Auf- und Untergange ohne Schmerzen betrachten können, während sie um Mittag unsere Augen blendet. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß die Sonne, wenn sie in der Nähe des Horizontes, in A (Fig. 25) ist, ihre Strahlen durch den Weg aB in der Atmosphäre schickt, während sie, bei einer größeren Höhe der Sonne in S, durch den Weg sB gehen. Jener Weg ist aber bedeutend länger, als dieser, und er geht überdieß durch einen größeren Raum der unteren, der Erde näheren und daher dichteren Luftschichten, wodurch das Licht der Sonne sehr geschwächt wird. Nach Bouguer hat man für die Stärke des Lichtes der Himmelskörper, wenn man sie außer unserer Atmosphäre gleich der Einheit setzt, für

die Zenithdistanz von 0° . . 20° 40° 60° 70° 80° 90°
0.81 0.80 0.76 0.66 0.55 0.31 0.001,

so daß daher die Lichtstärke der Sonne am Horizonte über 810mal schwächer ist, als im Zenithe.

Diese Schwächung des Lichtes durch die dichteren Schichten der Atmosphäre in der Nähe der Oberfläche der Erde ist auch die Ursache, warum man die Sonne und den Mond bei ihrem Auf- oder Untergange so viel größer sieht, als wenn sie hoch am Himmel stehen. Wir sind durch die irdischen Objecte gewöhnt, die matter beleuchteten auch für die weiter entfernten zu halten, und tragen dieselbe Erfahrung auch, obschon mit Unrecht, auf die Gestirne über. Der Mond erscheint dem Auge im Allgemeinen immer von derselben Größe, aber da unser Urtheil ihn, in der Nähe des Horizontes, weiter von uns setzt, so werden wir veranlaßt, ihn hier für größer zu halten, in welcher Ansicht wir auch durch die vielen Zwischenobjecte, Häuser, Bäume, Berge u. s. bestätigt werden, die wir zwischen uns und dem Monde, wenn er sehr tief steht,

Digitized by Google

bemerken, während diese, bei einem höheren Stande des Mondes, un verlassen, um an ihnen gleichsam die Distanz des Mondes von uns ab zumessen. Aus derselben Ursache scheinen uns auch die helleren Gestirn größer und näher zu seyn, als die anderen, und Jupiter z. B., wenn e nahe bei Mars steht, erscheint uns wohl viermal größer, als Mars, ob schon er in der That nur doppelt so groß erscheinen sollte. Dazu komm noch, daß stark beleuchtete Gegenstände, vielleicht wegen einer Unvoll kommenheit in dem Bau des Auges, mit einem parasitischen Lichte, mi einem eigenen Zerstreuungskreise der Lichtstrahlen, umgeben sind, wo durch sie uns desto größer erscheinen, je heller sie beleuchtet sind. Jn guten Fernröhren fällt dieses falsche Licht ganz weg, daher wir durch dieselben die Gestirne unter viel kleinerem Durchmesser sehen, als mi freien Augen, worüber man die mit diesen optischen Täuschungen unbe kannten Gäste auf den Sternwarten sich oft genug verwundern hört, de sie so gewiß erwarten, die Gestirne durch das Fernrohr viel größer, al mit freien Augen, zu sehen. Nach Jurin's Versuchen sieht ein sonst ge sundes Auge den Durchmesser Jupiters nahe siebenmal, und den der Venus zwölfmal größer, als sie ohne diese Jrradiation der Lichtstrahlen in unserem Auge erscheinen würden. Die Fixsterne der ersten Größe sehen wir mit freiem Auge unter einem Durchmesser von drei bis vier Minuten, während sie in ganz fehlerfreien Teleskopen noch nicht eine einzige Secunde betragen. Und doch wird Niemand, der nur mit einiger Aufmerksamkeit durch ein Teleskop gesehen hat, behaupten wollen, daß dadurch die Gegenstände nicht größer und zugleich viel schärfer gesehen werden, da er nahe Sterne, die für das freie Auge nur einen matten Lichtpunkt gaben, durch das Fernrohr doppelt und durch große Zwischenräume getrennt, sieht, und neben ihnen noch eine Menge anderer Sterne erblickt, die er früher gar nicht bemerken konnte.

Aus derselben Ursache scheint uns auch die beleuchtete Sichel des Mondes einer viel größeren Kugel anzugehören, als die von ihr eingeschlossene Dunkle, die man bald nach dem Neumond noch zu sehen pflegt (§. 165), so wie auch bei den Finsternissen der Sonne und des Mondes der noch übrige helle Theil noch immer viel größer erscheint, als er durch unmittelbare Messung gefunden wird.

Mit der erwähnten scheinbaren größeren Entfernung der Gestirne am Horizonte steht auch die Gestalt des ganzen Himmelsgewölbes, wie sich dasselbe unserem Auge darstellt, in unmittelbarer Verbindung. Der Himmel erscheint uns nämlich nicht als eine Halbkugel, sondern als ein in seinen höheren Theilen sehr gedrücktes Gewölbe. Wenn wir z. B. den Mond genau in der Mitte zwischen Horizont und Zenith, also in der Höhe von 45° zu sehen glauben, und wenn wir dann diese Höhe mit irgend einem Jnstrumente wirklich messen, so finden wir, daß die wahre Höhe des Mondes nur 23°, also nur die Hälfte von derjenigen ist, die wir zuvor bloß nach dem Augenmaße geschätzt haben. Daraus folgt, wie man durch Rechnung zeigen kann, daß uns die Höhe des Himmelsgewölbes nur als der $^3/_{10}$te Theil der Weite desselben erscheint. Jst also ADBE (Fig. 11) die Erde, und stellt der mit ihr concentrische Kreisbogen LL'H einen Theil des Himmelsgewölbes vor, dessen höchster Punkt H ist und dessen Basis von dem Horizonte AL des Beobachters in A begränzt wird, so wird diesem Beobachter, wenn ihm die horizontale Distanz AL, von ihm bis zu dem Himmel, z. B. gleich 10 Meilen erscheint, die verticale Entfernung AH nur 3 Meilen zu betragen scheinen.

§. 187. (Terrestrische Refraction.) Aus dem Vorhergehenden folgt, daß der Lichtstrahl, wenn er von irgend einem Punkte zu einem anderen

Digitized by Google

durch die Luft geht und dabei die concentrischen Schichten derselben in einer schiefen Richtung durchschneidet, von diesen Schichten gebrochen wird und daher zwischen beiden Punkten eine krumme Linie beschreibt. Da dasselbe nicht bloß von den Gegenständen des Himmels, die außer der Atmosphäre sich befinden, sondern auch von allen Körpern, die in dieser Atmosphäre selbst liegen, der Fall ist, so sehen wir auch alle irdischen Gegenstände, die Spitzen der Berge, Thürme u. s. nicht an der Stelle, an welcher sie unserem Auge in der That erscheinen würden, wenn die Erde nicht von Luft umgeben wäre. Den Unterschied dieser beiden Höhen nennt man die terrestrische Strahlenbrechung. Sie ist in den meisten Fällen, besonders wenn der Gegenstand näher bei dem Beobachter steht, viel geringer als die eigentliche astronomische Strahlenbrechung, aber doch auch öfter beträchtlich genug, um bei genaueren Beobachtungen auf sie Rücksicht zu nehmen. Bei jener Refraction geht nämlich der Lichtstrahl von dem terrestrischen Objecte nur durch einen, meistens sehr geringen Theil der Atmosphäre, während er bei der astronomischen Refraction den ganzen Weg von einer Gränze der Atmosphäre bis zur anderen zurücklegt. Schon daraus folgt, daß die terrestrische Refraction im Allgemeinen desto größer ist, je weiter das Object von dem Beobachter absteht. Für nicht gar zu große Distanzen nimmt man, den Beobachtungen gemäß, an, daß die terrestrische Refraction, in Secunden ausgedrückt, gleich ist der Zahl 0.005 multiplicirt in die Anzahl P. Toisen, die zwischen dem Beobachter und dem terrestrischen Objecte enthalten ist. So ist für eine Distanz des Objects von 1000 Toisen oder 6000 Fuß die terrestrische Refraction gleich 5 Secunden.

§. 188. (Dämmerung.) Wir haben oben (§. 165) gesehen, daß durch die Wirkung der Atmosphäre auf die Lichtstrahlen die Sonne noch einige Zeit über unserem Horizonte erscheint, wenn sie in der That schon unter demselben ist, wodurch die Dauer des Tages, vorzüglich in den höheren Breiten, bedeutend verlängert wird. Aber selbst dann, wenn die Sonne schon so tief steht, daß die Refraction sie nicht mehr bis zu dem Horizonte erheben kann, selbst dann verdanken wir derselben Atmosphäre noch wenigstens einen Theil des Sonnenlichtes, das die erste und letzte Gränze unserer Nächte erleuchtet, und unter der Benennung der Dämmerung allgemein bekannt ist. Diese Beleuchtung unserer Erde kömmt zwar nicht mehr von dem directen, aber wohl von dem reflectirten Lichte der Sonne, nämlich von denjenigen Sonnenstrahlen, welche, von den höheren Theilen der Atmosphäre, von den Dünsten und Wolken, die noch nach dem Untergange oder schon vor dem Aufgange der Sonne von ihr beschienen werden, wie von einem Spiegel auf die Erde geworfen, den Anfang und das Ende unserer Nächte erleuchten.

Wenn die Sonne für einen Ort der Erde eben untergegangen ist, so sieht dieser Ort zwar die Sonne selbst nicht mehr, aber er sieht noch einen großen Theil des westlichen Himmels, den die Sonnenstrahlen noch beleuchten und von dem diese Strahlen nach allen Seiten zurückgeworfen werden. Je mehr sich aber dieser Ort, durch die tägliche Bewegung der Erde, nach Osten dreht, oder je weiter er sich von der Sonne entfernt, ein desto größerer Theil jener beleuchteten Stelle des westlichen Himmels verschwindet für ihn, weil er von der undurchsichtigen Erde in seinen unteren Theilen immer mehr und mehr bedeckt wird, bis endlich auch der höchste und schwächste Theil dieser Stelle sich dem Auge entzieht und jetzt erst die vollkommene Nacht über demselben einbricht.

Man nimmt gewöhnlich an, daß diese Dämmerung anfängt und

Digitized by Google

aufhört, wenn die Sonne 18 Grade unter dem Horizonte steht. Für die Mitte Deutschlands hat sie ihre kürzeste Dauer von nahe zwei Stunden im Anfange des März und gegen die Mitte des Octobers. Von der Mitte des Mai aber bis zu dem Ende des Julius dauert für uns diese Dämmerung die ganze Nacht durch, weil die Sonne während dieser Zeit selbst um Mitternacht nicht die Tiefe von 18 Graden unter dem Horizonte erreicht. In höheren Breiten ist die Dauer der Dämmerung viel größer. Unter den Polen selbst werden der halbjährigen Nacht, im Anfange sowohl, als am Ende derselben, volle 50 Tage durch die Dämmerung entzogen, wodurch die eigentliche lange halbjährige Nacht auf $3\frac{1}{2}$ Monate herabgebracht wird. Ueberhaupt aber kann man annehmen, daß wegen diesem Dämmerungsbogen von 18 Graden nicht mehr bloß 180 Grade von dem Umfange der Erde, sondern noch 36 Grade mehr, also 216 Grade dieses Umfanges von dem directen und reflectirten Sonnenlichte beleuchtet werden.

Von dieser astronomischen Dämmerung ist die sogenannte bürgerliche verschieden, die dann anfängt und endet, wenn man in mäßig frei liegenden Wohnungen das Licht Abends anzuzünden oder Morgens auszulöschen pflegt. Man nimmt, ohne viel Genauigkeit, für diese Zeit die Tiefe der Sonne unter dem Horizonte zu $6\frac{1}{2}$ Grad an. Diese bürgerliche Dämmerung ist also viel kürzer, als jene, und sie dauert für das mittlere Deutschland im März und October, wo sie am kürzesten ist, nur 40 Minuten, im höchsten Sommer aber oder in der Mitte des Junius nahe eine Stunde.

§. 189. (Allgemeine Reflexion der Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre.) Wenn wir einen Sonnenstrahl durch die enge Oeffnung eines Fensterladens in ein verschlossenes, finsteres Zimmer leiten, so sieht man denselben nicht bloß als einen lichten, goldenen Faden durch die ganze Länge des Zimmers gehen, sondern man bemerkt auch die um ihn liegenden Gegenstände in einem matten Lichte schimmern, so daß durch diesen einen Strahl das ganze Zimmer schwach beleuchtet erscheint, offenbar weil einzelne Theile des Lichtstrahls von der Luft, durch die er geht, zurückgeworfen und auf die benachbarten Gegenstände gebracht werden, von welchen sie wieder in unser Auge reflectiren. Dieselbe Erscheinung hat noch in einem viel höheren Grade für alle Theile der Erde Statt, die eben von der über ihrem Horizonte stehenden Sonne beschienen werden. Die Sonne bescheint diese Gegenstände auf der Erde, so wie die Atmosphäre und die in ihr enthaltenen Wolken und Dünste über der Erde, und diese zerstreuen das von der Sonne erhaltene Licht, wie zahllose Spiegel, nach allen Seiten, so daß gleichsam von jedem sichtbaren Punkte auf und über der Erde zu jedem andern sichtbaren Punkte die Strahlen des Lichtes sich nach allen Richtungen durchkreuzen. Das allgemein über uns verbreitete Tageslicht, dessen wir uns während der Gegenwart der Sonne erfreuen, ist daher ein Phänomen, das im Grunde aus derselben Quelle, wie die eben betrachtete Morgen- und Abend-Dämmerung, entsteht. Wäre die Erde von keiner Atmosphäre umgeben, oder hätten die Elemente der Atmosphäre und der übrigen Körper nicht die Eigenschaft, das Licht nach allen Seiten wieder zurück zu werfen, so würden wir auf der Erde nur diejenigen Gegenstände sehen, welche direct von der Sonne beschienen werden, und alle von den Sonnenstrahlen nicht unmittelbar getroffenen Körper würden in dem finstern Schatten der Nacht zu liegen scheinen; jede kleine Wolke, die zwischen der Sonne und uns vorüberzieht, würde uns sofort in die tiefste Dunkelheit der Mitternacht versetzen; die Fixsterne würden, ganz nahe an der Sonne, auch am Tage,

Digitized by Google

sichtbar seyn; der Himmel selbst würde an allen sternfreien Stellen schwarz und finster erscheinen, und selbst unsere Wohnungen würden, sobald ihr Inneres nicht unmittelbar von dem Sonnenlichte getroffen wird, in nächtlicher Finsterniß eingehüllt seyn, und da endlich, ohne Atmosphäre, auch keine Dämmerung mehr Statt haben könnte, so würden wir nicht nur das schöne Schauspiel der Morgen- und Abend-Röthe entbehren, sondern auch unmittelbar nach der tiefsten Nacht die hellleuchtende Sonne, und eben so schnell nach dem Tage wieder die schwärzeste Nacht über uns einbrechen sehen, ein Zustand, der auf unsere Augen nicht anders, als sehr nachtheilig einwirken könnte.

§. 190. (Präcession der Nachtgleichen.) Schon der bereits oben erwähnte Hipparch, der größte unter den griechischen Astronomen, der gegen d. J. 130 vor Chr. G. lebte, hatte bemerkt, daß die Länge der Sterne jährlich um nahe 50.2113 Secunden zunimmt, während die Breite derselben unverändert bleibt. Man hat diese Bewegung der Fixsterne die Präcession genannt (vergl. §. 116). Da diese Bewegung allen Sternen gemeinschaftlich ist, so schloß er daraus, daß sie ihre Ursache nicht in den Sternen selbst, sondern in dem Frühlingspunkte habe, und daß daher dieser Punkt es sey, der jährlich um diese Größe von 50″.21 rückwärts oder von Ost nach West, gegen die Ordnung der Zeichen, gehe. Da aber dabei die Breite der Sterne unverändert bleibt, so kann auch die Lage der Ekliptik keine Aenderung leiden, und daher muß jene Zunahme der Länge der Sterne in einem Rückwärtsgehen des Aequators auf der festen Ebene der Ekliptik gesucht werden. Zwar behält diese Ebene der Ekliptik selbst nicht immer dieselbe Lage am Himmel, und wir haben bereits oben gesehen, daß sie dem Aequator jährlich um nahe 0.48 Secunden näher tritt. Aber diese eigene Bewegung der Ekliptik ist erstens viel geringer, als jene des Aequators, sie entspringt auch zweitens aus einer ganz anderen Quelle, und sie ist endlich selbst veränderlich, so daß wir sie hier ohne merklichen Fehler ganz außer unserer Betrachtung lassen können. Nehmen wir daher an, daß die Schiefe der Ekliptik immer dieselbe und die Lage derselben am Himmel unverändert bleibt, so werden wir die Präcession dadurch vorstellen können, daß wir den Aequator VQ (Fig. 2) mit sich selbst parallel jährlich um 50″.2113 auf der festen Ekliptik VL rückwärts gehen lassen, wodurch also auch der Frühlingspunkt V in der Ekliptik jährlich um dieselbe Größe von V in der Richtung VM rückwärts gehen, und daher die Länge aller Sterne in jedem Jahre um dieselbe Größe wachsen wird.

Wenn aber die Schiefe der Ekliptik oder der Winkel LVQ constant ist, so ist auch die Entfernung NE des Pols N des Aequators von dem Pole E der Ekliptik constant, da diese Entfernung gleich jenem Winkel ist (Einl. §. 7). Da ferner der größte Kreis, der durch die beiden Pole E und N dieser zwei Ebenen geht, immer senkrecht auf beiden Ebenen ist (Einl. §. 4), und da jener größte Kreis diese beiden Ebenen immer in der Entfernung von 90 Graden von dem Durchschnitte V dieser Ebenen trifft (Einl. §. 7), so wird, wenn der Frühlingspunkt V in der festen Ekliptik LV um einen bestimmten Bogen gegen M fortgeht, auch der Pol N des Aequators um den festen Pol E der Ekliptik in der Richtung von N gegen N′ einen Kreisbogen von derselben Anzahl Grade beschreiben. Wir können daher jene Veränderung der Länge der Sterne auch durch eine Bewegung des Poles N des Aequators darstellen, der um den festen Pol E der Ekliptik, als um einen Mittelpunkt, einen Kreis beschreibt, dessen Halbmesser gleich EN oder gleich der Schiefe der Ekliptik LVQ ist.

Digitized by Google

Während demnach durch die Präcession die Länge aller Sterne gleichförmig und jährlich um 50.2113 Secunden wächst und dabei die Breite der Sterne ganz unverändert bleibt, weil die Schiefe der Ekliptik immer dieselbe ist, ändert sich auch die Rectascension und Declination (Einl. §. 22) der Sterne und zwar für jeden Stern auf eine andere Weise. Die Rectascension nimmt zwar auch bei allen Sternen zu, obschon bei jedem anders, diejenigen ausgenommen, die zwischen den beiden Polen des Aequators und der Ekliptik liegen, für welche die Rectascension mit der Zeit immer abnimmt. Die Distanz der Sterne von dem Pole des Aequators aber nimmt für alle Sterne ab im I. und IV., und zu — im II. und III. Quadranten der Rectascension. Daher kömmt es, daß jetzt mehrere Sterne am nördlichen Himmel für uns auf und unter gehen, die früher immer über dem Horizonte verweilten. So sagt z. B. Homer von dem Sternbilde des großen Bären: „daß er sich nie in dem Ocean bade," und in der That ging dieses Sternbild für das südliche Griechenland zu Homer's Zeiten (900 Jahre vor Chr. G.) nicht unter, obschon jetzt bereits mehrere Sterne des großen Bären daselbst untergehen, so daß die neueren Dichter dieses Landes sagen könnten, daß er wenigstens seine Füße täglich in den Fluthen des Oceans wasche. Der Nordpol des Aequators geht nämlich, wie aus dem Vorigen folgt, seit langer Zeit immer mehr an dem großen Bären weg, um sich dem Cepheus zu nähern, wodurch die nördliche Declination aller Sterne des Bären immer kleiner wird.

§. 191. (Scheinbare Verrückung der Sterne durch die Präcession.) Durch die Wirkung der Präcession geht der Frühlingspunkt, also auch der Herbstpunkt, in jedem Jahrhundert um 1.5947 Grade rückwärts, wodurch daher die Länge aller Sterne mit der Zeit sehr verändert wird. So fand Hipparch i. J. 130 vor Chr. die Länge der Spica oder der Kornähre in dem Sternbilde der Jungfrau gleich 174°. Von jener Zeit bis zum Jahre 1834 sind 1964 Jahre verflossen, in welchen die Länge dieses Sterns um 27°.4 zugenommen hat, so daß sie jetzt 201°.4 beträgt. Um eben so viel ist also auch die Länge aller andern Sterne vorgerückt.

Die Sternbilder des Thierkreises (S. 80) und die Namen derselben wurden wahrscheinlich zu einer Zeit erfunden, wo diese Namen noch mit den Jahreszeiten im Zusammenhange standen. So hieß der Widder, in dessen Vorderfüßen damals der Frühlingspunkt gestanden haben mag, dasjenige Zeichen, in welchem sich die Sonne über dem Aequator zu erheben anfängt. Der Löwe, in dem die Sonne zur Zeit des höchsten Sommers erschien, sollte die größere Hitze dieser Jahreszeit, die Waage die Gleichheit des Tages und der Nacht zur Zeit des Herbstäquinoctiums bezeichnen u. dgl. Diese Bedeutung der zwölf Himmelszeichen kann aber jetzt nicht mehr gelten, wo sie alle, durch die Präcession, um beinahe 30 Grade vorgerückt sind, so daß jetzt der Frühlingspunkt im östlichen Ende des westlichen Fisches und der Herbstpunkt auf der südlichen Schulter der Jungfrau steht. Wenn daher die älteren Astronomen die Länge der Sterne durch diese Himmelszeichen angaben und z. B. für einen Stern, dessen Länge 90 Grade betrug, sagten, daß er in der Mitte des Krebses stehe, oder daß seine Länge z. B. ☌ 10° sey, so war dieß dem damaligen Stande des Himmels ganz angemessen. Wenn aber diese Sprache auch jetzt noch von einigen Astronomen oder wenigstens in unseren Kalendern beibehalten wird, so ist sie ganz unzweckmäßig und sollte daher nicht weiter angewendet werden, da sie nur zu Irrungen Anlaß geben kann. So liest man in unseren Kalendern und selbst noch in manchen astronomischen Ephemeriden, daß der Mond an einem gewissen

Digitized by Google

Tage Mittags z. B. die Länge 10° ♉ oder 10 Grade im Stier habe. Dieß bezieht sich aber nur auf das alte Zeichen des ♉ oder auf denjenigen Raum im Thierkreise, den der Stier ehemals eingenommen hat, und man muß daher jetzt den Mond für jene Zeit nicht mehr im Sternbilde des Stiers, sondern vielmehr in dem des Widders am Himmel suchen. Diese Zweideutigkeit wird vermieden, wenn man, statt mit jenem veralteten Ausdrucke, mit dem neueren sagt, daß die Länge des Mondes 40 Grade habe. Es wäre übrigens interessant, sehr alte Zeichnungen des Himmels oder Sternkarten mit der Ekliptik zu besitzen, um daraus, nicht sowohl den Stand des Himmels zu jener Zeit, den uns die gegenwärtige Kenntniß der Präcession mit hinlänglicher Genauigkeit gibt, als vielmehr die Epoche abzuleiten, zu welcher jene Karten verfertiget worden sind. So stand z. B. um das Jahr 320 vor Chr. die Brust des Widders im Frühlingspunkte, im Jahre 2470 vor unserer Zeitrechnung nahmen die Hyaden im Stier, im Jahre 4620 das westliche Ende der Zwillinge und im Jahre 6770 die Mitte des Krebses den Frühlingspunkt ein. Im Gegentheile wird er in der Folgezeit um das Jahr 4000 nach Chr. in der Mitte des Wassermannes, i. J. 6140 im Kopfe des Steinbocks und i. J. 8300 in der Spitze des Pfeils des Schützen seyn.

§. 192. (Polarsterne für verschiedene Epochen.) Die Astronomen pflegen denjenigen unter den größeren Sternen, der dem Nordpole des Aequators am nächsten steht, den Polarstern zu nennen. Sie geben ihm diesen Eigennahmen, weil er durch diese seine Stellung am Himmel zu mehreren wichtigen Beobachtungen und Untersuchungen vorzüglich geschickt ist. Jetzt trägt diese Benennung der Stern α im kleinen Bären, dessen Rectascension nahe 15° und dessen Abstand von dem Pole des Aequators 1° 30′ ist. Dieser Abstand wird in den nächsten Jahrhunderten noch kleiner werden, weil wegen der Präcession der Pol N des Aequators (Fig. 2) sich diesem Sterne immer mehr nähert. Im J. 2100 aber wird dieser Pol am nächsten bei ihm seyn, und dann nur mehr 28 Minuten von ihm abstehen. Nach dieser Zeit wird der Pol N sich wieder von ihm entfernen, um sich anderen Sternen zu nähern, die dann einen größeren Anspruch auf die Benennung des Polarsterns machen werden. — Zur Zeit Hipparch's war er noch gegen zwölf Grade von dem Pole N entfernt und verdiente daher damals diesen Namen noch gar nicht. Um diejenigen Sterne zu finden, denen in verschiedenen Epochen der Pol des Aequators am nächsten steht, wird man auf einer Sternkarte um den Pol der Ekliptik einen Kreis mit dem Halbmesser von 23° 28′ ziehen, und dadurch die Sterne angeben, durch welche dieser Kreis geht. Genauer noch wird man für die verschiedenen Epochen die Halbmesser dieser Kreise dahin verändern, daß sie die Schiefe der Ekliptik für jene Epoche (S. 69) vorstellen. Auf diese Weise findet man, daß gegen das Jahr 2700 vor Chr. der Stern α im Drachen der Polarstern war, und daß i. J. 4100 nach Chr. der Stern γ Cephei, dann α Cephei, später α Cygni oder Dereb im Schwan, und endlich gegen d. J. 14000 nach Chr. α Lyrae oder Atair in der Leyer auf diese Benennung Anspruch machen wird, da dann der letzte Stern, der jetzt noch 38 Grade von dem Weltpole absteht, nur mehr nahe 5 Grade von ihm entfernt seyn wird. Man findet alle diese Sterne, die in verschiedenen Zeiten Polarsterne sind, wenn man aus dem Pole der Ekliptik, als Mittelpunkt, mit dem Halbmesser von 23 ½ Grad auf einer Himmelskarte oder auf einem Globus einen Kreis verzeichnet.

Wenn man die jährliche Präcession von 0°.013947 für alle Jahre gleich groß annimmt, so würde daraus folgen, daß die Pole des Aequa-

Digitized by Google

tors ihren ganzen Umlauf um die Pole der Ekliptik in 25812 Jahren vollenden, welche Periode einige Chronologen das platonische Jahr genannt haben. Allein diese Voraussetzung ist nicht ganz richtig, da die Größe der Präcession mit der Zeit selbst sich ändert und da sie überhaupt noch nicht mit der Genauigkeit bekannt ist, um sie auf so entfernte Zeiten mit Sicherheit anwenden zu können.

§. 193. (Nutation.) Eigentlich wird durch die in §. 192 erwähnte Bewegung des Poles des Aequators in einem Kreise, dessen Mittelpunkt der Pol der Ekliptik ist, noch nicht die ganze Ortsveränderung jenes Poles an den Sphären des Himmels, sondern nur der vorzüglichste Theil derselben, oder die Erscheinung im Großen, dargestellt. Genauere Beobachtungen haben uns nämlich gelehrt, daß der Pol des Aequators in jenem Kreise zwar im Allgemeinen mit der Zeit immer weiter zurückgeht, daß er aber nicht immer in der Peripherie dieses Kreises bleibt, sondern sich dem Mittelpunkte desselben bald nähert, bald wieder etwas davon entfernt, und daß er selbst zuweilen durch einige Jahre etwas vorwärts schreitet. Jene Annäherung und Entfernung kann bis auf neun, und dieses Vorwärtsschreiten bis auf achtzehn Secunden betragen. Aber beide Unregelmäßigkeiten sind in die enge Periode von neunzehn Jahren eingeschlossen, nach welchen sie sich immer wieder in der alten Ordnung wiederholen. Man nennt sie die Nutation oder das Wanken der Erdaxe. Man kann sie dadurch vorstellen, daß man den Pol des Aequators binnen 19 Jahren in der Peripherie einer kleinen Ellipse herumgehen läßt, deren Mittelpunkt auf jenem Kreise in jedem Jahre 50″.21 rückwärts geht, und deren große Axe gegen den Pol der Ekliptik gerichtet ist. Die große Axe dieser Ellipse beträgt 19 und die kleine 14 Secunden. Die Wirkung dieser zusammengesetzten Bewegung des Pols ist ein immerwährendes Verändern der Länge sowohl, als auch der Rectascension und der Declination der Sterne, während die Breite immer dieselbe bleibt. Allein am Ende jener Periode von 19 Jahren verschwinden die Anomalien der Nutation, während die der Präcession mit den Jahrhunderten ohne Ende fortgehen. Die Astronomen, für welche die genaue Kenntniß der Lage der Fixsterne für jede gegebene Zeit von der größten Wichtigkeit ist, haben diese Aenderungen derselben mit Sorgfalt bestimmt und in Tafeln gebracht, die aber hier ohne Umständlichkeit nicht mitgetheilt werden können. Wir werden in der Folge wieder auf diese Erscheinungen zurückkommen und die Quellen aufsuchen, aus welchen sie entspringen. Hier bemerken wir nur noch, daß wir von der Größe der Präcession schon oben (§. 116 und 123) bei Bestimmung der tropischen Umlaufszeiten der Erde und der Planeten Gebrauch gemacht haben.

§. 194. (Gemeinschaftliche Folgen der Präcession und der Nutation.) Wollen wir uns nun die Phänomene der Präcession und Nutation bildlich darstellen, werden wir also annehmen, daß der Aequator AVQ (Fig. 2) auf der festen Ekliptik MVL sich rückwärts oder von V nach V′ bewegt, wodurch also der Frühlingspunkt, der gegenwärtig in V ist, nach tausend Jahren z. B. in V′ und nach neuen tausend Jahren in V″ seyn wird, wobei der Winkel QVL beider Ebenen oder die Schiefe der Ekliptik immer dieselbe bleibt. Dieser gleichförmige Rückgang des Frühlingspunktes heißt die Präcession. Die Nutation aber, die gleichsam als eine Störung der Präcession betrachtet werden kann, ist die Ursache, daß diese gleichförmige Bewegung des Punktes V kleine Verrückungen erfährt, die sich aber alle 19 Jahre wieder herstellen. Vermöge dieser Verrückungen geht der Punkt V bis 17 Secunden vor oder rückwärts von seinem ihm durch die Präcession angewiesenen mittleren Orte in der

Digitized by Google

Ekliptik ML, und entfernt sich auch über oder unter diese Ekliptik bis auf 9 Secunden. Demnach bewegt sich also der Punkt V, durch die Wirkung der Präcession und Nutation, in einer den Weg VV'V''.. umgebenden Schlangenlinie, und ganz eben so bewegt sich also auch (nach §. 190) der Pol N des Aequators um den ruhenden Pol E der Ekliptik, indem er, vermöge der Präcession, den Kreisbogen NN'N'' zurücklegt, und indem er, vermöge der Nutation, um diesen Kreisbogen die in der erwähnten Figur verzeichnete Schlangenlinie beschreibt.

Diese doppelte Bewegung des Frühlingspunktes V auf der fixen Ekliptik, oder, was dasselbe ist, diese doppelte Bewegung des Pols N des Aequators um den fixen Pol E der Ekliptik kann aber offenbar keine Verschiebung der ganzen Himmelssphäre seyn, die gleichsam alle an dieser Sphäre befestigten Fixsterne um den festen Pol der Ekliptik herumführt, da dieselbe Verrückung auch den beweglichen Gestirnen, dem Monde, der Sonne und allen Planeten gemein ist. Sie muß also ihren Grund in einer bloßen Veränderung der Lage der Axe unserer Erde haben. In der That ist auch der Pol des Aequators am Himmel nichts anderes, als derjenige Punkt, in welchen unsere Erdaxe, wenn sie ins Unendliche verlängert wird, den Himmel trifft. Wir werden später sehen, daß die Erde sich nicht um eine feste, in ihrer Lage unveränderliche Axe dreht, sondern daß sie, gleich einem bewegten Kreisel, dessen Spitze auf einem horizontalen Tische einher rollt, eine in jedem Augenblicke veränderliche Axe hat, deren Endpunkt am Himmel die krumme Linie NN'N'' beschreibt, und daß die Ursache davon in der Anziehung der Sonne und des Mondes auf die an ihren Polen abgeplattete Erde ist. Wäre unsere Erde eine vollkommene Kugel, so würde die Präcession nicht existiren, und fiele die Bahn des Mondes mit der Ebene der Ekliptik zusammen, so würde auch die Nutation verschwinden. Jener Kreisel, bisher nur ein Spielzeug für Kinder, gibt, wenn er vollkommen gearbeitet ist, ein sehr getreues Bild der beiden erwähnten Erscheinungen, und er wird, so wie die Farben der Seifenblasen, in der Hand des aufmerksamen Naturforschers ein interessantes und wichtiges Instrument. Auf diese Idee gestützt, hat Bohnenberger eine eigene kleine Maschine erfunden, die er in einem kleinen Werkchen (Tübingen 1817) beschrieb, und wodurch die Phänomene der Präcession so sinnreich und deutlich dargestellt wurden, daß dieses Instrument, auf Anrathen Laplace's, in allen Centralschulen Frankreichs zum Unterrichte eingeführt worden ist.

Uebrigens darf man diese Aenderung der Erdaxe am Himmel nicht mit einer Aenderung dieser Axe im Innern der Erde verwechseln. Jene ist variabel, diese aber ist constant. Die Erdaxe geht immer durch dieselben Punkte der Erde, aber diese Axe dreht sich, sammt der Erde, durch welche sie gleichsam als eine feste Stange geht, um den Mittelpunkt der Erde, und trifft sonach, verlängert, in verschiedenen Zeiten auch verschiedene Punkte des Himmels. Daß aber diese Axe in der That immer durch dieselben Punkte der Erde geht, oder daß die irdischen Pole des Aequators, und also auch der irdische Aequator selbst, eine auf der Erde constante und unveränderliche Lage haben, folgt daraus, daß die Polhöhen oder die geographischen Breiten (Einl. §. 23) aller Orte der Erde, den Beobachtungen zu Folge, unveränderlich sind, da sie doch, wenn die Pole der Erde beweglich wären, sich ebenfalls verändern müßten. Auch würde, bei einer Bewegung des irdischen Aequators, das Gleichgewicht der die Erde bedeckenden Meere nicht mehr Statt haben, wie dieses gegenwärtig der Fall ist, wo die Bewegung der Erdaxe durch dieselbe Bewegung der ganzen Masse der Erde selbst begleitet wird.

Digitized by Google

Bemerken wir noch, daß durch die Wirkungen der Präcession und Nutation die Rectascension sowohl als auch die Declination der Fixsterne (Einl. §. 22), je nach der Lage dieser Sterne gegen die Pole, mannigfaltig geändert wird. Die Präcession der Declination kann bei manchen Sternen bis 20 Secunden gehen, um welche sie sich jährlich von dem Aequator entfernen oder sich ihm nähern. Die jährliche Präcession in Rectascension aber ist, besonders für die den Polen näheren Sterne, oft viel größer, für den Polarstern z. B. ist dieselbe 194 Secunden jährlich, also in einem Jahrhundert schon nahe $5^1/_2$ Grad, obschon dieser und alle anderen Fixsterne im Allgemeinen immer dieselbe Stelle des Himmels einnimmt. Man sieht daraus, daß es nicht genug ist, die Rectascension und Declination eines Sterns für irgend eine Zeit, durch Beobachtungen, genau zu bestimmen, sondern daß man auch noch die Veränderungen kennen muß, welche die Lage dieser Sterne durch Präcession, durch Nutation und durch die Aberration (Kap. VI.) erfährt, um die Rectascension und Declination derselben auch für jede andere Zeit angeben zu können. Die Astronomen nennen dieß die scheinbare Position der Fixsterne, während jene die mittlere genannt wird, die statt haben würde, wenn die Präcession, Nutation und Aberration nicht existirte.

§. 195. (Anwendung der Präcession auf chronologische Untersuchungen.) Wir haben bereits erwähnt, daß ältere Nachrichten von dem Zustande des Himmels uns über die Zeit, welcher diese Nachrichten angehören, belehren können. Es wird nicht unangenehm seyn, einige Beispiele davon anzuführen.

Ptolemäus erzählt uns in seinem Almagest, daß Eudox, ein Zeitgenosse Plato's, einen der größeren Fixsterne sehr nahe bei dem Pole des Aequators gesehen habe. Da Plato nahe 350 Jahre vor Chr. lebte, so kann dieß, wie aus dem Vorhergehenden folgt, nicht unser gegenwärtiger Polarstern oder α im kleinen Bären gewesen seyn, der damals noch sehr weit von dem Pole entfernt war. Betrachtet man den oben erwähnten, von dem Pole des Aequators vermöge der Präcession beschriebenen Kreis etwas genauer, so findet man nur einen einzigen Fixstern in jener Gegend des Himmels, der von bedeutender Größe ist und in der Vorzeit nahe genug bei dem Pole gewesen seyn kann. Es ist dieß Η im Drachen, dessen Rectascension im Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts 186″.2 und dessen Declination 70°.9 ist. Daraus findet man die Länge desselben für unsere Zeit gleich 133°.43. Wenn nun dieser Stern in der That zu jener Zeit sehr nahe bei dem Pole des Aequators war, so muß seine Länge nahe gleich 90° gewesen seyn. Die Differenz dieser Länge von 43.43 Graden wird aber von der Präcession, die jährlich nur 0°.013947 beträgt, in 3110 Jahren zurückgelegt, so daß also dieser Stern um das Jahr 1310 vor Chr. dem Pole am nächsten gewesen seyn muß. Da aber diese Epoche gegen 1000 Jahre vor Plato's Zeit fällt, so hat Eudox in jener Nachricht nicht denjenigen Zustand des Himmels beschrieben, wie er zu seiner Zeit war und für welche jener Stern schon weit von dem Pole entfernt seyn mußte, sondern er hat uns vielleicht nur eine nahe tausend Jahre ältere Sage erzählt, die er von den Aegyptiern oder Chaldäern erhalten haben mag.

Laplace glaubt, daß die Bezeichnung und Benennung der Sternbilder des Thierkreises zu einer Zeit erfunden worden sey, wo der Steinbock, den man immer nur auf den höchsten Spitzen der Felsen erblickte, auch den höchsten Punkt der Ekliptik über dem Aequator eingenommen habe. In unseren Tagen ist er aber schon nahe 30 Grade über dem tiefsten Punkt der Ekliptik vorgerückt. Dann würde die Wage sehr zweckmäßig in die Frühlingsnachtgleiche gekommen seyn, und die meisten

Digitized by Google

der übrigen Sternbilder des Thierkreises würden eine auffallende Verbindung mit der Agricultur und dem Klima von Aegypten zeigen. Die Differenz der Länge von 210 Graden aber, welche diese Annahme voraussetzt, wird von der jährlichen Präcession erst in 15050 Jahren beschrieben, und dadurch würde die Erfindung der Namen des Thierkreises über dreizehntausend Jahre vor dem Anfang unserer Zeitrechnung zurückfallen. Allein mit dieser Hypothese scheint unsere ganze Menschengeschichte in direktem Widerspruche zu seyn, daher jene, die weder auf einer bestimmten Nachricht, noch auf einer Beobachtung, sondern nur auf einer bloßen Meinung beruht, nicht zugelassen werden kann.

Die Ruinen der alten Stadt Tentyris (Denderah) in Oberägypten zeichnen sich durch einen großen Tempel aus, den uns die Zeit ohne beträchtliche Zerstörungen erhalten hat. An dem Plafond des Porticus dieses Tempels sieht man die zwölf Figuren des Thierkreises in der Ordnung, in welcher sie von der Sonne durchlaufen werden. Dieser Thierkreis ist in den letzten Jahren nach Paris gebracht und daselbst aufgestellt worden, wo er bald der Gegenstand der allgemeinen Aufmerksamkeit wurde. An der Spitze der Reihe dieser Figuren erblickt man das Sternbild des Löwen, der zuerst aus dem Thore des Tempels zu treten scheint. Man wollte daraus den Schluß ziehen, daß zur Zeit der Errichtung dieses Thierkreises die Sonne im Anfange des Jahres in diesem Zeichen des Löwen gewesen sey. Das Ruraljahr der alten Aegyptier begann aber mit dem Sommersolstitium, zu welcher Zeit der Nil austritt. Nimmt man also, aus Mangel an näheren Nachrichten, die Mitte des Löwen für denjenigen Punkt an, in dem die Sonne im Anfange jenes Jahres war, so war das Solstitium zu jener Zeit volle 60 Grade weiter östlich, als es jetzt ist, und dieß gibt einen Zeitraum von $\frac{60}{0.01395}$ oder von 4300 Jahren, so daß also jener Tempel gegen das Jahr 2740 vor Chr. G. erbaut worden wäre. Würde man aber den Anfang dieses Sternbildes für den entscheidenden Punkt nehmen, so hätte man nur 40 Grade für die Präcession, und die Erbauung des Tempels würde in das Jahr 1100 vor Chr. oder in die Zeit von David fallen, in welcher auch der Tempel von Jerusalem erbaut worden ist. Biot, der sich mit diesem Gegenstande sorgfältig beschäftigte, wollte mit großer Sicherheit gefunden haben, daß die Errichtung dieses Tempels in das Jahr 700 v. Chr., also kurz nach der Erbauung Roms fällt. Fourier setzt dafür die Zeit der Errichtung des Tempels zu Latopolis, des ältesten ägyptischen Gebäudes dieser Art, welches uns die Alles zerstörende Zeit erhalten hat, auf das Jahr 2500 vor Chr. und Dupuis (in s. origine des cultes, Vol. 3e.) sogar auf das Jahr 15000 vor unserer Zeitrechnung. Da ihm aber später dieses Alter des Tempels selbst wieder unglaublich erschien, so fand er für gut, anzunehmen, daß durch diesen Thierkreis nicht sowohl die Orte der Sonne zur Zeit der Solstitien, als vielmehr die ihr gegenüberstehenden Punkte dargestellt werden sollten, wodurch er jenes Alter um eine volle halbe Revolution der Aequinoctien oder um 13000 Jahre verminderte und die Entstehung des Tempels wieder auf das Jahr 2000 v. Chr. zurückbrachte. Champollion endlich und Letronne, welche diesen Thierkreis auf ganz andere und mehr kritische Weise untersuchten, kamen, besonders durch die griechischen Inscriptionen, die sie auf jenen Tempeln gefunden hatten, zu dem Resultat, daß diese religiösen Gebäude erst unter der Regierung Trajans und seiner nächsten Nachfolger erbaut worden seyn sollen. Auf ähnliche

Digitized by Google

Resultate sind auch Visconti und Paravey gekommen, die sich zuletzt mit diesen alten Thierkreisen, die man in Denderah, Latopolis, Esne und auch in Palmyra, Cathay und in mehreren Städten Indiens gefunden hat, beschäftigt haben. Die große Verschiedenheit dieser Altersbestimmungen jener merkwürdigen Monumente der Vorzeit erregt den Verdacht, daß diese Denkmäler wohl nicht der Art sind, um aus ihnen selbst die Zeit ihrer Entstehung mit Sicherheit abzuleiten, und daß die meisten der eben angeführten Schlüsse auf bloße Meinungen und Ansichten gebaut sind, die, bei dem Mangel aller anderen Hülfsmittel, weder einer Widerlegung, noch auch eines strengen Beweises fähig zu seyn scheinen. Selbst wenn man aus der Construction dieser Bildnisse mit Gewißheit bestimmen könnte, unter welche Gestirne die Erbauer derselben die Nachtgleichen oder die Solstitien versetzt haben — aber wie weit ist man noch von dieser Bestimmung, über welche noch die größte Ungewißheit herrscht, entfernt — selbst dann noch würde man über das Alter dieser Denkmähler keinen sicheren Ausspruch wagen können, da die bekannte Lust der Aegyptier und Indier, mit einem hohen Alterthume ihres Volkes zu prahlen, sie leicht verleiten konnte, durch diese Monumente nicht den zur Zeit der Erbauung jener Tempel bestandenen, sondern einen viel früheren, vielleicht ganz imaginären Zustand des Himmels darzustellen. So haben uns die Engländer erst in unseren Tagen mit sehr alten Planetentafeln der Indier bekannt gemacht, die sämmtlich von einer Conjunction aller Planeten anfangen, welche um das Jahr 3100 vor Chr. G. beobachtet worden seyn soll. Allein als man diese Tafeln, deren hohes Alterthum sie uns in der That ganz besonders merkwürdig gemacht hätte, näher untersuchte, fand man, daß sie noch eine andere, viel neuere Epoche voraussetzen, die in das Jahr 1491 nach Chr. G. fällt, und daß man, wenn man mit dieser Epoche und mit den mittleren Bewegungen dieser indischen Tafeln rückwärts rechnet, allerdings jene allgemeine Conjunction der Planeten findet, die aber demungeachtet nicht statt gehabt hat, weil unsere neuesten europäischen Tafeln, welche jene indischen an Vollkommenheit weiter hinter sich zurücklassen, dieser Conjunction gänzlich widersprechen und dadurch zugleich zeigen, daß jene erste, altergraue Epoche nur eines jener vielen Opfer war, welche die auf ihr hohes Alterthum stolzen Indier ihrer Eitelkeit zu bringen für gut gefunden haben.

Kapitel XIII.

Gebrauch des Himmels- und Erd-Globus.

§. 196. (Vortheile dieser Instrumente.) Es wurde bereits oben (Einl. §. 30 und 31) die Einrichtung des Globus und die Art erklärt, wie man denselben orientiren d. h. so stellen soll, daß er ein getreues Bild von der Lage des Himmels oder der Erde für jede gegebene Zeit und für jeden gegebenen Standpunkt des Beobachters auf der Oberfläche der Erde darstelle, so wie auch zugleich ebendaselbst erinnert worden ist, daß man, durch Hilfe eines solchen Instruments, eine große Anzahl von Aufgaben ohne Rechnung, zwar nicht ganz streng, aber doch sehr bequem

Digitized by Google

auflösen und sich von den mannigfaltigen Erscheinungen des Himmels eine bildliche und eben dadurch sehr deutliche Anschauung erwerben kann.

Es wird daher, am Schlusse dieser ersten, ohnehin vielleicht zu sehr didactischen Abtheilung unserer astronomischen Unterhaltungen nicht unangemessen seyn, die vorzüglichsten dieser Aufgaben hier kurz anzuzeigen und dadurch nicht nur eine, wie wir glauben, nützliche und selbst nothwendige Wiederholung des bisher Gesagten, sondern auch eine dem Leser vielleicht willkommene Versinnlichung der vorhergehenden Gegenstände einzuleiten, um dann mit um so leichterem Muthe zu der zweiten Abtheilung dieser Schrift überzugehen, der die viel einfachere und angenehmere beschreibende Astronomie enthalten soll.

Zur bequemen Uebersicht wollen wir die erwähnten Aufgaben einzeln und gesondert aufführen und zuerst diejenigen vornehmen, die den Himmelsglobus betreffen.

Gebrauch des Himmelsglobus.

§. 197. (Darstellung des Himmels, wie derselbe jedem Beobachter zu einer gegebenen Zeit erscheint). Da zur Beantwortung dieser und der meisten anderen Fragen die Orientirung (Einl. §. 31) des Globus vorausgesetzt wird, so wollen wir diese zuerst noch einmal mit wenigen Worten anzeigen.

Man bewegt den metallenen Ring (den Meridian) des Globus sammt seiner Kugel in der horizontalen Fassung desselben so lange auf oder ab, bis der Nordpol des Aequators (oder die Mitte der Rose) eine Höhe über dem Horizonte des Globus erreicht, die der Polarhöhe (d. h. der geographischen Breite) des Beobachters gleich ist, was man an der Eintheilung jenes Ringes erkennt. Dann dreht man die Kugel in dem so gestellten Ringe so lange um ihre Axe, bis der Punkt der Ekliptik, welcher die Länge der Sonne für diesen Tag anzeigt, (oder auch, bis der Punkt des Aequators, welcher die Rectascension der Sonne für diesen Tag anzeigt) genau unter dem Ringe zu stehen kömmt und stellt dann den Zeiger der Rose auf seinen höchsten Punkt oder auf 12 Uhr.

Jenen Punkt der Ekliptik oder des Aequators findet man am einfachsten durch die Tabelle des §. 53, jenen in der zweiten und diesen in der vierten vertikalen Columne derselben. Jener erste ist auch gewöhnlich auf dem Horizont des Globus verzeichnet.

Nachdem man auf diese Weise zuerst den Ring in seinem Horizonte und dann die Kugel in ihrem Ring, sammt dem Zeiger der Rose, gestellt hat, setze man das ganze Instrument sammt seinem Fußgestelle, so vor sich auf den Tisch, daß der Ring nahe in die Lage der Mittagslinie, die Rose nach Nord gekehrt, zu stehen komme.

In dieser Stellung ist der Globus für die geographische Breite des Beobachters und für den gegebenen Tag des Jahrs, und zwar für den Mittag dieses Tages orientirt, d. h. alle Sternbilder des Himmels haben ganz dieselbe Lage, wie sie durch den Globus angedeutet wird, so daß, wenn man den Halbmesser des Globus, der von dem Mittelpunkte desselben z. B. durch den Polarstern oder durch irgend ein anderes Gestirn des Globus geht, verlängert, bis er die Fläche des Himmels trifft, er am Himmel durch denselben Stern gehen wird, durch dessen Bild am Globus er gegangen ist.

Dreht man dann den Globus von Ost nach West, bis z. B. der Zeiger der Rose auf 10 Uhr Abends steht, so stellt der Globus in dieser neuen Lage die Stellung des Himmels dar, wie er dem Beobachter an

Digitized by Google

diesem Tage um 10 Uhr Abends erscheint und so fort für jede andere Stunde des Tages oder der Nacht.

Man sieht, wie leicht und sicher man auf diese Weise alle Sternbilder des Himmels, ohne weitere fremde Anleitung, kennen lernen kann.

§. 198. (Die Circumpolarsterne zu finden.) So nennt man nämlich (nach Einl. §. 26) diejenigen den beiden Polen nahen Sterne, welche für den Beobachter auf einem gegebenen Orte der Erde nicht unter- oder nicht aufgehen.

Um diese Sterne zu finden, wird man die auf die gegebene geographische Breite des Beobachters gestellte Kugel des Globus rings um ihre Axe drehen und dabei, auf der Nordseite, sofort alle die Sterne erblicken, die bei jener Drehung der Kugel nicht unter den Horizont des Globus kommen, so wie auf der Südseite diejenigen, welche nie über diesen Horizont gelangen. Hält man während dieser Drehung in den beiden Punkten, wo der Ring den Horizont schneidet, die Spitze eines Bleistifts an die Kugel, so beschreibt diese Spitze bei der Drehung der Kugel einen Kreis, der die nördlichen sowohl, als auch, auf der anderen Seite, die südlichen Circumpolarsterne sämmtlich umfaßt.

§. 199. (Den Ort der Sonne und der anderen veränderlichen Gestirne für jede Zeit unter den Fixsternen anzugeben.) Für die Sonne ist dieß sehr leicht, da man, wie gesagt, ihre Länge für jeden Tag nur in der zweiten Columne der Tafel des §. 53 aufsuchen und dann diesen Ort der Sonne auf der Ekliptik des Globus bemerken kann. So findet man z. B. für den 1sten Mai die Länge der Sonne gleich 40°.2, welchen Punkt der Ekliptik man auf den Globus in der östlichen Hälfte des Sternbilds des Widders liegen sieht und ihn daher daselbst etwa mit einem Stückchen Wachs bezeichnen kann. Bringt man dann diesen Punkt, durch Drehung der Kugel, unter den Ring (oder unter den Meridian), so liest man auf dem Aequator die Rectascension der Sonne gleich 37°.8, und auf dem Ringe selbst die nördliche Declination derselben gleich 14°.9, welche beide Größen übrigens auch schon, für die Sonne, durch die erwähnte Tafel selbst gegeben sind.

Eben so wird man auch für jeden anderen Planeten verfahren, wenn der Ort desselben aus irgend einer Ephemeride oder aus einem astronomischen Kalender gegeben ist. So findet man z. B., daß Jupiter am 1sten Dec. 1836 im Mittag Wiens die geocentrische (von der Erde gesehene) Rectascension 140° 46′ und die nördliche Declination 16° 4′ habe. Bringt man daher den Punkt des Aequators, der zu 140° 46′ gehört, unter den Ring und bemerkt dann, an der Eintheilung des Rings, den zu 16° 4′ gehörenden Punkt, so sieht man, daß Jupiter an diesem Tage von der Erde in der nördlichen Vordertatze des großen Löwen gesehen wird. Auf dieselbe Weise wird man den Ort jedes Gestirns am Globus bezeichnen, wenn man seine Rectascension und Declination für eine gegebene Zeit kennt.

§. 200. (Aus der Rectascension und Declination eines Gestirns die Länge und Breite desselben finden.) Zu diesem Zwecke ist es vortheilhaft, einen eigenen Bogen von dünnem Metallblech zu haben, der nach dem Globus gekrümmt und gleich ihm in dieselben Grade eingetheilt ist. In Ermanglung desselben kann man auch einen solchen Bogen durch einen schmalen Streifen Papiers ersetzen, der sich, wenn er auf der Kugel ausgespannt wird, von selbst in einem größten Kreis derselben krümmt.

Wenn nun, wie im vorhergehenden Beispiele, die Rectascension 140° 46′ und die nördliche Declination 16° 4′ vom Jupiter gegeben und, nach §. 199, der Ort desselben auf dem Globus verzeichnet ist, so wird

Digitized by Google

man den erwähnten Streifen durch diesen Ort und durch den Pol der Ekliptik legen, wodurch dieser Streifen eine auf der Ekliptik senkrechte Stellung erhält (Einl. §. 4). Dann wird also auch der Punkt der Ekliptik, wo sie von den Streifen geschnitten wird, die Länge, und der Punkt des eingetheilten Streifens selbst, der auf den Ort des Planeten fällt, die Breite Jupiters bezeichnen. Man findet in unserem Beispiele diese Länge gleich 131° 53′ und die nördliche Breite 0° 41′.

Ganz eben so wird man auch umgekehrt aus der gegebenen Länge und Breite eines Gestirns die Rectascension und Declination desselben finden.

§. 201. (Den Auf- und Untergang und die Morgen- und Abendweite der Sonne finden.) Man orientirt den Globus (nach §. 199) für die gegebene geographische Breite und für den gegebenen Jahrestag, und stellt den Zeiger der Rose auf 12 Uhr Mittag. Dann dreht man die Kugel nach Ost, bis der Punkt der Ekliptik, welchen an diesem Tage die Sonne einnimmt, in dem Horizonte steht, wo dann der Zeiger der Rose die Zeit des Aufgangs zeigt, und wo zugleich auf dem Horizonte des Globus die Entfernung des Punkts, wo heut die Sonne aufgeht, von dem wahren Ostpunkt, d. h. die Morgenweite (§. 40) der Sonne für diesen Tag abgelesen werden kann. Ganz auf dieselbe Weise findet man auch, wenn man die Kugel nach West dreht, die Zeit des Untergangs und die Abendweite der Sonne. So erhält man für Wien am 1sten Mai die Länge der Sonne 40° 12′, den Aufgang 4ᴬ 46′, Untergang 7ᴬ 11′ und die Morgen- und Abendweite 21° 30′.

§. 202. (Die Zeit der Culmination und des Auf- und Untergangs eines gegebenen Gestirns finden.) Man orientire den Globus, stelle den Zeiger auf 12 Uhr und suche den Ort des Gestirns (nach §. 199) auf dem Globus. Dreht man dann die Kugel, bis dieser Ort unter den Ring, auf der Ost- und Westseite unter den Horizont kömmt, so zeigt die Rose für diese drei Stellungen der Kugel die Zeit der Culmination (Einl. §. 25) und die Zeit des Auf- und Untergangs des Gestirns. Die Summe der beiden letzten Zeiten gibt den Tagbogen (Einl. §. 24), der von 24 Stunden subtrahirt, den Nachtbogen des Gestirns gibt. Am 11ten Mai 1834 ist z. B. die Länge der Sonne 49° 48′, von dem Monde aber ist die Rectascension im Mittag 79° 28′ und die nördliche Declination 22° 30′, also geht an diesem Tage der Stand um 2ᴬ 7′ Nachmittags durch den Meridian, oder seine Culmination hat um 2ᴬ 7′ statt, sein Aufgang aber für Wien um 6ᴬ 25′ Morgens und sein Untergang um 10ᴬ 39′ Abends.

§. 203. (Den cosmischen Auf- und Untergang der Sterne zu finden.) Der cosmische Auf- oder Untergang eines Fixsterns fällt, nach §. 39, um diejenigen Tage des Jahrs, wo er mit der Sonne zugleich auf- und untergeht.

Um diese Tage für eine gegebene geographische Breite zu finden, bringe man den erwähnten Stern, durch Drehung der Kugel, in den östlichen Horizont des Globus und bemerke den Grad der Ekliptik, der zugleich mit dem Stern auf der Ostseite in dem Horizonte steht. Dieser Grad in einer astronomischen Ephemeride oder in der Tafel des §. 53 nachgesucht, gibt den gesuchten Jahrestag des cosmischen Aufgangs des Sterns. Bemerkt man aber den Grad der Ekliptik, der zugleich mit dem Stern, aber auf der Westseite, im Horizont steht, so gibt dieser Grad den Tag, an welchem der Stern achronisch aufgeht u. s. w.

§. 204. (Für jede Stunde die Höhe und das Azimut eines Sterns für einen gegebenen Beobachtungsort zu finden.) Nachdem man den Globus orientirt und den Zeiger auf 12 Uhr gestellt hat, dreht man die Kugel, bis die Rose die gegebene Stunde anzeigt. In dieser Lage der Kugel legt man den oben (§. 200) erwähnten Streifen so durch den gegebenen

Digitized by Google

Stern, daß er zugleich durch den höchsten Punkt der Kugel (oder durch den Zenith des Beobachters, also senkrecht auf den Horizont) geht. Dann zeigt der Horizont des Globus das Azimut (Einl. §. 20) und der Streifen die Höhe (Einl. §. 19) des Sterns.

§. 205. (Für jede gegebene mittlere Zeit die Sternzeit finden.) Man orientirt den Globus, stellt den Index der Rose auf 12 Uhr Mittags und dreht dann die Kugel, bis die Rose die gegebene mittlere Zeit anzeigt. Der Punkt des Aequators, der jetzt unter dem Ring (Meridian) ist, gibt die gesuchte Sternzeit. Z. B. am 1sten Mai um 4 Abends mittlere Zeit Wien findet man den erwähnten Punkt des Aequators gleich 98° 45′, und dieß ist die sogenannte Rectascension des Zeniths, die, durch 15 dividirt, 6^{h} 35′ für die gesuchte Sternzeit gibt.

§. 206. (Den Tag zu bestimmen, an welchem die Sonne zu einer gegebenen Zeit auf- oder untergeht.) Wenn z. B. gefragt wird, an welchem Tag die Sonne zu Wien um 5 Uhr untergeht, so stellt man den Globus auf die geographische Breite von Wien und bringt irgend einen Declinationskreis (Einl. §. 13) unter den Ring und den Zeiger auf 12 Uhr. Dann dreht man die Kugel gen West, bis der Zeiger der Rose auf 5 Uhr steht, und bemerkt den Punkt jenes Declinationskreises, der eben in dem Horizonte liegt. Wenn die Sonne die Declination dieses Punkts hat, so wird sie offenbar um 5 Uhr untergehen. Man dreht daher den Globus wieder zurück nach Ost, bis jener Punkt unter den Ring kömmt, und lese auf dem Ringe die Declination dieses Punkts, die man gleich 12° 54′ südlich findet. Die Tafel des §. 53 zeigt dann, daß diese Declination zu dem 14ten Februar und zu dem 27sten October gehört.

Gebrauch des Erdglobus.

§. 207. (Darstellung der Jahreszeiten und ihrer Erscheinungen durch den Erdglobus.) Man stelle in einem verfinsterten Zimmer, in der Mitte eines runden, mäßig großen Tisches ein Licht auf, dessen Höhe über dem Tische nahe gleich dem Halbmesser des Globus ist. Dann führe man an dem Rande dieses Tisches die Kugel so um das Licht herum, daß erstens der Mittelpunkt der Kugel immer in der Ebene des Tisches bleibt, und daß zweitens die Rotationsaxe der Kugel immer dieselbe Neigung, von nahe 66° 32′, beibehält und stets nach demselben Punkt des Himmels gerichtet oder sich selbst parallel bleibt. — Bei dieser Bewegung der Kugel wird man auf ihrer Oberfläche alle die Erscheinungen und in derselben Ordnung sich entwickeln sehen, welche die Folge der Jahreszeiten auf der Oberfläche der Erde begleiten. Es wird eine Stelle der Kugel am Rande des Tisches geben, bei welcher der Nordpol ihrer Drehungsaxe gerade zur Sonne hingerichtet ist, wie dieß in der Fig. 18 bei B dargestellt ist, wo p den Nordpol des Aequators a bezeichnet. Wenn man in dieser Stellung die Kugel um ihre Axe pq dreht, so wird man sehen, daß der Nordpol p der Erde immer in der lichten, der Sonne zugewendeten Hälfte der Erde bleibt, während der Südpol q im Gegentheile die dunkle Nachtseite der Erde nie verläßt. Dieß ist daher die Stellung der Erde zur Zeit unseres Sommers in der Mitte des Junius. Man sieht dann auf dem Globus, während er um seine Axe gedreht wird, daß den Bewohnern der Umgegend des Nordpols für diese Zeit die Sonne gar nicht unter- und für die des Südpols nicht aufgeht; daß für die Bewohner der nördlichen Hemisphäre der Tag desto länger ist, als die Nacht, je weiter sie selbst von dem Aequator entfernt sind, oder je größer ihre geographische Breite ist, und daß in der südlichen Hemisphäre das Gegentheil statt hat u. s. f.

Digitized by Google

Läßt man dann die Kugel um den vierten Theil ihres Weges um den Tisch weiter gehen, so daß sie nun nach C kömmt, so wird jetzt, da die Axe pq immer mit ihrer ersten Lage parallel bleibt, der Nord- und der Südpol der Erde in der Schattengränze selbst liegen, und Tag und Nacht wird, in dieser Lage der Kugel, wenn sie wieder um ihre Axe pq gedreht wird, für alle Orte der Erde gleich groß seyn, oder die Kugel wird die Stellung der Erde gegen die Sonne im Anfange des Herbstes unserer nördlichen Hemisphäre, in der Mitte des Septembers, darstellen.

Am Ende eines zweiten Viertheils der Umlaufszeit der Kugel wird sie in D, dem ersten Punkte B gegenüber, ankommen, und da hier der Nordpol p am meisten von der Sonne S weggekehrt ist, so wird derselbe, wie man auch die Kugel um ihre Axe drehen mag, immer in der Nachtseite der Erde, so wie der Südpol q immer in der Tagseite derselben liegen; den Bewohnern der Umgegend des Nordpols wird jetzt die Sonne längere Zeit nicht auf- und denen des Südpols nicht untergehen; die Tage der nördlichen Hemisphäre werden kürzer und die der südlichen länger seyn, als die Nächte; jene Halbkugel wird daher (zur Zeit der Mitte des Decembers) ihren Winter, und diese ihren Sommer haben.

Kömmt weiter die Kugel auf ihrem Laufe um die Sonne, die hier von dem Lichte in der Mitte des Tisches dargestellt wird, nach A, gegenüber von C, so wird wieder, wie in C, die Schattengränze durch die beiden Pole gehen, und Tag und Nacht werden auf der ganzen Erde gleich seyn, wie dieß in unserem Frühling (zur Zeit der Mitte des März) der Fall ist.

Auf diese Weise wird man also durch den so bewegten Globus alle Erscheinungen der Jahreszeiten, die bereits oben (§. 85 u. f.) angegeben worden sind, im Kleinen deutlich darstellen und sich gleichsam versinnlichen können.

§. 208. (Verhältniß der einzelnen Orte der Erde gegen einander.) Wenn man den Nordpol der Kugel so viel über den Horizont des Globus erhöht, als die nördliche geographische Breite eines Ortes z. B. von Wien beträgt, und wenn man dann diesen Ort unter den Ring (Meridian) des Globus führt, so nimmt derselbe den höchsten Punkt der Kugel ein, so wie auch jeder Bewohner der Erde glaubt, den höchsten Punkt derselben einzunehmen. In dieser Stellung des Globus übersieht man mit einem Blicke alle die Länder und Meere, die durch den wahren Horizont (Einl. §. 8) des Beobachters gehen, die denselben Parallelkreis (Einl. §. 24. I.) mit ihm bewohnen, seine Antipoden u. s. Will man die Entfernung zweier Orte — z. B. Wien und Paris — von einander finden, so wird man nur den oben (§. 200) erwähnten, in Grade getheilten Streifen durch die beiden Orte der Kugel legen und die Anzahl der zwischen ihnen enthaltenen Grade durch 15 multipliciren, um diese Entfernung in geographischen Meilen zu erhalten.

Die geographische Breite jedes Orts wird man, sobald man den Ort unter den Meridian des Globus geführt hat, an diesem Meridian ablesen. Die Differenz der geographischen Länge von zwei Orten aber wird man finden, wenn man einen nach dem andern durch den Meridian führt und im Augenblick ihres Durchgangs durch den Meridian den Zeiger der Rose abliest. Wenn dieser Zeiger z. B. für Paris 4^h $30'$ und für Wien 5^h $26'$ gab, so ist die geographische Länge Wiens von Paris gleich 0^h $56'$ in Zeit oder $14°$ $0'$ in Bogen, oder endlich, da man gewöhnlich Paris im 20sten Grade der Länge von Ferro annimmt, so hat man für die Länge Wiens von Ferro 34 Grade, woraus zugleich folgt, daß Wien zu jeder Zeit des Tages um 0^h $56'$ mehr zählt, als Paris in demselben Augenblicke, weil Wien um eben so viel weiter gegen Osten liegt, als Paris. So findet man z. B. durch denselben Globus,

Digitized by Google

daß die Längendifferenz zwischen Paris und Peking 7^h 36′ beträgt, so daß also auch Peking schon 7^h 36′ Abends in dem Augenblicke zählt, wo Paris eben Mittag hat.

§. 209. (Bestimmung des Auf- und Untergangs der Sonne durch einen Erdglobus.) In Ermangelung eines Himmelsglobus kann man auch mit einigen Veränderungen, die meisten der vorhergehenden astronomischen Aufgaben, die sich auf die Gestirne des Himmels beziehen, mit Hilfe eines Erdglobus auflösen. Zu diesem Zwecke hat man auf den letzten gewöhnlich auch die Ekliptik verzeichnet, obschon dieselbe für einen Erdglobus nicht angemessen ist und auch in der That leicht entbehrt werden kann, wie wir sogleich an dem folgenden Beispiele sehen werden.

Um den Ort der Sonne in ihrer Bahn für jeden gegebenen Tag des Jahres zu finden, kann man die Länge derselben entweder aus dem Horizonte des Globus nehmen, der zu diesem Zwecke eine eigene Tafel enthält, oder auch aus der schon öfter erwähnten Tabelle des §. 53. Ist nun die Ekliptik auf dem Erdglobus verzeichnet, so nimmt man auf dieser Ekliptik den Punkt, der jener Sonnenlänge entspricht, und bringt ihn unter den Meridian, stellt den Zeiger auf 12 Uhr und den Nordpol des Aequators in die Höhe der geographischen Breite und verfährt dann mit dem Erdglobus ganz so, wie oben §. 201 für den Himmelsglobus gesagt worden ist.

Man kann aber auch, ohne Hilfe der Ekliptik, auf folgende Weise verfahren. — Man sucht für den gegebenen Tag die Declination der Sonne aus der dritten Columne der Tafel des §. 53. Diese ist, in dem Beispiele des §. 201, für den 1sten Mai gleich 14° 54′ nördlich. Nun drehe man die Kugel in ihrem Ringe, bis irgend ein Ort der Erde unter der auf diesem Ringe verzeichneten Declination von 14° 54′ steht, wie dieß hier z. B. mit Goa in Ostindien der Fall ist. Man stellt also Goa unter den Ring, den Zeiger der Rose auf 12 und den Pol unter die geographische Breite von Wien, die gleich 48° 12′ ist. Dreht man dann den Globus gen Ost, bis Goa im Horizonte erscheint, so zeigt die Rose 4^h 46′ Morgens für die Zeit, wenn an diesem Tage in Wien die Sonne aufgeht, und eben so findet man, wenn man den Globus eben so weit gen West dreht, für den Untergang der Sonne in Wien 7^h 11′ Abends, wie oben §. 201.

Auf dieselbe Weise wird man auch mit den folgenden Aufgaben des §. 202, 203 verfahren, wenn man die Declination der Sonne und irgend eines anderen Gestirns sammt der Differenz ihrer Rectascensionen durch zwei willkührliche Punkte des Erdglobus bezeichnet.

§. 210. (Wie die Erde zu jeder gegebenen Zeit von der Sonne beleuchtet wird.) Nehmen wir für diese Zeit den Mittag des 7ten Novembers in Wien, für welche Zeit die südliche Declination der Sonne (nach §. 53) gleich 16° 6′ ist.

Man stelle nun den Nordpol, wenn die Declination der Sonne nördlich ist, oder den Südpol, wenn sie südlich ist, so viele Grade über den Horizont des Globus, als diese Declination beträgt (in unserem Beispiele wird also der Südpol in die Höhe von 16° 6′ gestellt), und bringe Wien unter den Meridian und den Zeiger auf 12 Uhr. In dieser Lage der Kugel ist der unter der südlichen Declination 16° 6′ unter dem Ringe stehende Punkt der höchste der Kugel und senkrecht über ihm stellt man sich die Sonne in unendlicher Entfernung vor. Die über dem Horizonte des Globus liegende Hälfte der Erde wird daher, in diesem Augenblicke, wo es in Wien Mittag ist, von der Sonne beschienen, während die andere, untere Hälfte Nacht hat. Alle Bewohner der Erde, die jetzt unter der oberen Hälfte des Ringes stehen, haben eben Mittag, denen in der

Digitized by Google

Ostseite des Horizonts geht die Sonne eben unter und denen auf der Westseite auf, und die von der unteren Hälfte des Ringes bedeckt werden, haben Mitternacht. — Will man sehen, wie sich diese Beleuchtung der ganzen Erde in dem Augenblicke verhalte, wo es in Wien 6 Uhr Abends ist, so dreht man nur die Kugel des Globus gen West, bis die Rose 6 Uhr zeigt, und in dieser Lage haben alle Orte der Erde, die unter dem oberen Theile des Ringes liegen, eben Mittag, die im östlichen Horizonte Sonnenuntergang, die im westlichen Sonnenaufgang u. s. w. Dreht man die Kugel ganz um ihre Axe, so findet man alle die Orte, die nach und nach durch den Grad 16° 6′ der südlichen Declination des Ringes gehen (wie Porto Seguro und der Titicaca-See in Südamerika, Otahiti, die neuen Hebriden u. s.), welche an diesem Tage in ihrem Mittag die Sonne im Zenithe sehen; alle diejenigen aber, die 10, 20, 30.. Grade nördlich oder südlich von jenem Parallelkreise von 16° 6′ südlicher Breite wohnen, sehen in ihrem Mittage die Sonne 10, 20, 30.. Grade vom Zenithe entfernt. Diejenigen Orte um den Nordpol, welche bei dieser Drehung der Kugel nicht über den Horizont hinauf kommen, sehen die Sonne gar nicht und haben eben ihre lange Nacht, da die ganze nördliche Hemisphäre der Erde ihren Winter feiert; eben so geht für die Punkte um den Südpol, die bei der Drehung der Kugel nicht unter den Horizont gelangen, die Sonne nicht unter, da die südliche Halbkugel ihren Sommer hat u. s. w. Eben so erhält man durch diese Umdrehung der Kugel in dem Ringe sofort die Länge des Tages und der Nacht für dieselbe Zeit (den 7ten November) an jedem gegebenen Orte der Erde. Legt man an dem erwähnten höchsten Punkt der Kugel oder des Ringes das eine Ende des in §. 200 angeführten Streifens an und dreht dann, für jede gegebene Wiener Zeit an der Rose, den Streifen um jenen Punkt im Kreise herum, so findet man alle die Orte der Erde, welche, zu jener Wiener Zeit, die Sonne 10, 20, 30.. Grade von ihrem Zenithe entfernt sehen, indem nämlich diese Orte in die Peripherie derjenigen Kreise fallen, welche bei dieser Umdrehung des Streifens die einzelnen Theilstriche desselben auf der Oberfläche der Kugel beschreiben.

§. 211. (Den längsten und kürzesten Tag eines Ortes zu finden.) Sucht man z. B. den längsten Tag für Petersburg, stelle man den Nordpol auf die geographische Breite (59° 56′) dieser Stadt, bringe sie unter den Ring und den Zeiger der Rose auf 12 Uhr, und bezeichne in dieser Lage der Kugel denjenigen Punkt derselben, der unter dem Theilstriche von 23° 28′ des Ringes steht. Bringt man dann diesen Punkt, durch Drehung der Kugel, in den östlichen und westlichen Horizont, so zeigt die Rose im ersten Falle 2ᴬ 50′ und im zweiten 9ᴬ 10′, oder die Sonne geht in Petersburg am längsten Tag um 2ᴬ 50′ auf und um 9ᴬ 10′ unter, so daß daher die Dauer des längsten Tages im Sommer daselbst 18ᴬ 20ᴬ und also auch der kürzeste Tag im Winter nur 5ᴬ 40′ beträgt.

§. 212. (Zeitbestimmung durch Höhenbeobachtungen der Gestirne.) Man sieht, daß man mit Hilfe dieser Globen alle Aufgaben der Astronomie, von welchen wir bisher in dieser Schrift gesprochen haben, leicht auflösen und sinnlich darstellen kann, so lange sich dieselben nur auf die verschiedenen Kreise beziehen, welche die Gestirne am Himmel zu beschreiben scheinen. Eine der wichtigsten dieser Aufgaben ist die Bestimmung der Zeit, in welcher eine Beobachtung angestellt worden ist. — Der Geometer oder der Feldmesser begnügt sich, die Höhe des Thurmes oder die Distanz zweier Berggipfel mit der ihm möglichen Genauigkeit zu messen, und er bedarf auch in der That nicht mehr zu kennen, als die Winkel, welche diese Gegenstände in seinem Auge machen, da diese Winkel immer

Digitized by Google

dieselben bleiben, wenn anders der Beobachter wieder denselben Standpunkt einnimmt. Nicht so ist es aber mit den Gegenständen des Himmels, wenn wir, um ihren Ort zu bestimmen, dieselben mit den Gegenständen auf unserer Erde vergleichen. Die Höhe, das Azimut, der Stundenwinkel dieser Gestirne ändert sich in jedem Augenblicke, und der Astronom, der z. B. die Höhe der Sonne oder irgend eines andern Gestirns, auch mit der größten Schärfe, beobachtet, hat damit noch gar nichts, was er zu irgend einem Zwecke brauchen könnte, gethan, wenn er nicht auch zugleich die Zeit dieser Beobachtung mit derselben Schärfe anzugeben im Stande ist.

Diese Zeit soll nun, wie bekannt, durch unsere Uhren angegeben werden. Allein diese Uhren müssen, wenn sie zu diesem Zwecke brauchbar seyn sollen, vor Allem gut gehen. Wie kann man aber erfahren, ob eine Uhr in der That gut und zwar so gut geht, daß man sich bei so genauen Untersuchungen auf sie verlassen kann?

Diese Frage ist bereits oben (§. 157) beantwortet und durch Beispiele umständlich erläutert worden, daher wir uns hier nicht weiter dabei aufhalten wollen. Wir bemerken dafür nur, daß man an dem angeführten Orte die Beobachtung der Culminationen zu diesem Zwecke angewendet hat, daß aber die Instrumente, mit welchen man diese Culminationen mit der hier oft nothwendigen Schärfe beobachten kann, selten und kostbar sind, und daß man auch nicht immer Zeit und Gelegenheit hat, auf einander folgende Culminationen durch mehrere Tage zu beobachten, wie dieß bei ungünstiger Witterung oder auf der See der Fall ist. Man war daher schon früh auf andere Mittel bedacht, statt diesen Beobachtungen andere, leichtere und solche zu substituiren, die man zu jeder Zeit und an jedem Orte bequem und sicher zugleich vornehmen kann.

Als solche zeigten sich nun vor Allem die Beobachtungen der Höhe der Gestirne. Ist S' (Fig. 2) die Sonne, Z das Zenith und N der Nordpol des Aequators, so zeigt schon der bloße Anblick der Zeichnung, daß zu jeder Höhe S'R' der Sonne auch ein besonderer, ihr eigener Stundenwinkel ZNS' oder QQ' (Einl. §. 19) gehöre. Allein der Stundenwinkel der Sonne ist (nach dem angeführten Orte) gleichbedeutend mit der wahren Sonnenzeit (vergl. §. 155), also wird auch zu jeder Sonnenhöhe eine eigene Sonnenzeit gehören, und es muß daher ein Mittel geben, aus der bekannten Sonnenhöhe, die man z. B. mittels des Quadranten (§. 43) in jedem Augenblicke beobachten kann, die wahre Sonnenzeit abzuleiten.

Dieses Mittel aber ist die Rechnung. — In der That, wenn man die Höhe S'R' der Sonne kennt, so kennt man auch die Zenithdistanz S'Z derselben, da S'Z gleich 90 — S'R' ist. Die Poldistanz S'N der Sonne ist für jeden Augenblick ebenfalls bekannt (durch die Tafel des §. 53), so wie die Polhöhe NH oder die Aequatorhöhe NZ. Man kennt daher in dem sphärischen Dreiecke NZS' alle drei Seiten und wird daraus durch die schon oben (§. 53) angeführten Rechnungen der sphärischen Trigonometrie auch den einen Winkel ZNS' dieses Dreiecks, d. h. den Stundenwinkel der Sonne oder die wahre Zeit der Beobachtung bestimmen.

Da es aber gegen den Zweck dieser Blätter ist, in jene für die meisten Leser etwas verwickelten Rechnungen einzugehen, so wird es hinreichen, zu zeigen, wie sich diese Aufgabe durch den Globus auflösen lasse.

Gesetzt, man habe am 30sten Jul. Nachmittag mit einem Quadranten (§. 43) zu Wien die Höhe des Mittelpunkts der Sonne gleich 29°.75 zu einer Zeit gefunden, wo die Uhr 4ʰ 30′ gab. — Man bringe nun den

Digitized by Google

Globus auf die Polhöhe von Wien (48° 12′), den Ort der Sonne (Länge 126°.18 nach §. 53) unter den Ring, und die Rose auf 12 Uhr. Dann drehe man die Kugel gen West, bis dieser Ort der Sonne (mittels des oben §. 200 erwähnten Streifens zu messen) die Höhe von 29° 15′ über dem Horizonte des Globus erreicht. Wenn in dieser Lage die Rose 4^h 27′ zeigt, so ist die gesuchte wahre Zeit jener beobachteten Höhe 4^h 27′ und daher die Voreilung der Uhr gegen wahre Zeit in jenem Augenblicke gleich 3 Minuten.

Auf ähnliche, nur minder einfache Weise wird man zu demselben Zwecke sich auch der Fixsterne, statt der Sonne, bedienen. Um auch dieß durch ein Beispiel zu erläutern, wollen wir die Beobachtung vornehmen, welche der berühmte Reisende Karsten Niebuhr am 11ten October 1761 zu Alexandrien angestellt hat. Er fand daselbst mit seinem Quadranten in der Abendstunde, als seine Uhr 10^h 47′ 20″ zeigte, auf der Ostseite des Himmels die Höhe Aldebarans (eines Sterns der ersten Größe im Stier) gleich 28° 34′. — Um daraus die Zeit dieser Beobachtung, oder, was dasselbe ist, die Correction der dabei gebrauchten Uhr zu finden, bringe man den Globus auf die Polhöhe von Alexandrien (31° 12′), den Ort der Sonne (deren Länge 197° 16′ nach §. 53 ist) unter den Ring und den Zeiger auf 12 Uhr. Dann befestige man den obersten Endpunkt des oben (§. 200) erwähnten Streifens auf dem höchsten Punkt der Kugel, und drehe diese Kugel gen West, bis Aldebaran auf der Ostseite des Himmels die Höhe von 28° 34′ über dem Horizonte des Globus erreicht. Da in dieser Lage der Kugel die Rose derselben 10^h 49′ zeigt, so ist dieß zugleich die wahre Zeit (§. 158) der Beobachtung und daher die Verspätung der Uhr gegen wahre Zeit in dem Augenblicke der Beobachtung 1′ 40″.

Wie man aber, wenn man bereits die wahre Zeit einer Beobachtung kennt, auch die mittlere und die Sternzeit derselben ableiten, und dadurch den Stand der Uhr gegen diese beiden letzteren Zeiten bestimmen kann, ist bereits oben (§. 155 und 160) gesagt worden.

§. 213. (Gebrauch des Aequators statt der Rose.) Die letzte und überhaupt alle vorhergehenden Auflösungen durch den Globus lassen sich allerdings nicht mit derjenigen Schärfe ausführen, die man mit den trigonometrischen Rechnungen erreichen kann. Da es aber doch häufig Fälle gibt, wo diese Genauigkeit nicht gefordert wird, und wo eine deutliche, anschauliche Darstellung der Sache, selbst dem Geübten, willkommen ist, so ist es selbst dem eigentlichen Astronomen nützlich, mit dem Gebrauche des Globus sich näher bekannt zu machen. Besonders mißlich ist der Gebrauch der Rose, die auf den meisten Globen nur klein ist und auf der man oft zehn und mehr Zeitminuten nicht mehr mit Sicherheit angeben kann. Allein man kann diese Rose nicht nur ganz entbehren, sondern auch, statt derselben, den Aequator der Kugel anwenden, der, als ein größter und gewöhnlich gut eingetheilter Kreis, dieser Kugel eine viel höhere Schärfe gewährt, so daß man, bei den größeren und mit Sorgfalt gearbeiteten Globen die Zeit bis auf drei oder vier Minuten genau bestimmen kann.

Um auch dieß durch ein Beispiel deutlich zu machen, wollen wir den Globus für irgend einen Ort und Tag, z. B. für den 30sten Julius um 9 Uhr Morgens, Wiener Zeit, stellen, oder orientiren, so daß er mit dem Stand des Himmels zu dieser Zeit vollkommen übereinstimmt.

Oben (§. 197) haben wir diese Aufgabe auf folgende Weise aufgelöst: Man stelle den Globus auf die Polhöhe Wiens, bringe den Punkt der Ekliptik, der die Länge der Sonne anzeigt (hier 126° 18′) unter den

Digitized by Google

Ring und die Rose auf 12 Uhr. Dann drehe man die Kugel gen Ost, bis die Rose 9 Uhr Morgens gibt.

Statt dieser Vorschrift werden wir nun, mit größerer Genauigkeit, folgende aufstellen: Man stelle den Globus auf die Polhöhe Wiens, und stelle den Punkt des Aequators, den die Rectascension der Sonne erzeugt (hier 8^h 35′ nach §. 53) unter den Ring, wodurch der Globus für den Mittag dieses Tages orientirt ist. Um ihn dann für 9 Uhr Morgens zu stellen, dreht man die Kugel gegen Ost, bis der mit 5^h 35′ bezeichnete Punkt des Aequators unter den Ring kömmt. Wollte man ihn aber z. B. für 10 Uhr Abends stellen, so wird man die Kugel gen West drehen, bis der mit 18^h 35′ bezeichnete Punkt des Aequators unter den Ring kömmt u. s. w. Legt man dann, in der letzten Lage des Globus, den oben (§. 200) erwähnten Streifen so an die Kugel, daß er durch den höchsten Punkt der Kugel (oder durch das Zenith des Beobachters) und durch ein bestimmtes Gestirn geht, so erhält man die Höhe dieses Gestirns, wie es am 30sten Julius um 10 Uhr Abends in Wien erscheint, und auf eine ähnliche Weise wird man mit allen den früher angeführten Aufgaben verfahren.

§. 214. (Den Ort der Erde finden, der zu einer bestimmten Zeit ein gegebenes Gestirn in seinem Zenithe sieht.) Beschließen wir diese Probleme mit einer Frage, deren Beantwortung durch Rechnung man sonst wohl für schwer gehalten hat, die sich aber, mit Hilfe eines Erdglobus, wie man sehen wird, sehr leicht auflösen läßt.

Um auch hier, der größeren Deutlichkeit wegen, sogleich einen speciellen Fall zu nehmen, wollen wir denjenigen Ort auf der Oberfläche der Erde suchen, der am 2ten März um 11 Uhr Abends, Wiener Zeit, die Ziege (den größten Stern im Sternbilde des Fuhrmannes) in seinem Zenithe sieht.

Bemerken wir zuerst, daß, wie man aus dem Himmelsglobus oder aus einem Sternkataloge finden kann, die Rectascension dieses Sterns 5^h 4′ und die nördliche Declination desselben 45° 49′ beträgt.

Dieß vorausgesetzt, suche man zuerst (durch den Himmelsglobus nach §. 202) die Zeit der Culmination dieses Sterns für den gegebenen Tag. Man findet diese Zeit 6^h 13′. — Uebrigens läßt sich diese Zeit auch ohne Hilfe des Globus finden. Denn da die Rectascension des Sterns 5^h 4′ ist, so ist auch (§. 161) die Sternzeit seiner Culmination gleich 5^h 4′, und daraus findet man sofort (durch die Tafel des §. 160) die mittlere Zeit seiner Culmination gleich 6^h 25′. Die wahre Zeit aber ist (nach §. 158) nahe um 12 Minuten kleiner, als die mittlere, also ist auch die wahre Zeit der Culmination des Sterns gleich 6^h 13′, wie zuvor, d. h. sie ist 5^h 47′ kleiner, als die gegebene Zeit, die gleich 11 Uhr war.

Dieß vorausgesetzt, stelle man zweitens die Kugel des Erdglobus so, daß Wien unter den Ring und die Rose auf 12 Uhr kömmt, und drehe dann die Kugel gegen Ost um 5^h 47′, so werden in dieser Lage der Kugel alle Orte der Erde, die jetzt unter dem Ringe liegen, 5^h 47′ weniger als Wien, oder sie werden 6^h 13′ Abends zählen, wenn Wien bereits 11 Uhr hat.

Sucht man endlich drittens auf dem eingetheilten Ringe denjenigen Punkt auf, welcher der nördlichen Declination des Sterns (45° 49′) entspricht, so ist der unter ihm liegende Punkt der Kugel der gesuchte Ort der Erde, der um 11 Uhr Wiener Zeit die Ziege in seinem Zenithe hat. Dieser Ort liegt, wie der Erdglobus zeigt, nahe in der Mitte von Neu-Braunschweig in Nordamerika, zwischen Quebek und Neufundland.

Digitized by Google

Zweiter Theil:

Beschreibende Astronomie.

Digitized by Google

Digitized by Google

Zweite Haupt-Abtheilung.

Beschreibende Astronomie

oder

Topographie des Himmels.

Kapitel I.

Die Sonne.

§. 1. (Masse der Sonne.) Nachdem wir im Vorhergehenden die Erscheinungen, welche die Bewegungen der Körper unseres Sonnensystems für uns hervorbringen, betrachtet haben, wollen wir nun zu der Erzählung desjenigen übergehen, was uns die Fernröhre über den Bau und die physische Beschaffenheit dieser Körper sowohl, als auch, so viel es uns bisher gegönnt ist, der außer unserem Planetensystem befindlichen Gestirne kennen gelehrt haben.

Wir beginnen unsere Wanderungen durch die Planetenwelt mit dem bei weitem wichtigsten, mit dem Centralkörper derselben, mit der Sonne, der alle übrigen Körper unseres Systems Licht, Wärme und Wohlthaten ohne Zahl verdanken, daher sie auch von mehreren Völkern der Vorzeit als das würdigste Bild der Gottheit, ja als die Gottheit selbst verehrt wurde, wie denn Osiris in Aegypten, Baal in Chaldäa, Adonis in Phönicien, Mithra in Persien, und selbst Apollo in Griechenland nur eben so viele Embleme der Gottheit waren, welche jene Völker unter dem Sinnbilde des ewigen Feuers in ihren Tempeln anbeteten. Wenn sie aber durch diese Wohlthaten die Ehrfurcht der Menschen an sich gebunden hat, so ist es eine ganz andere Eigenschaft, durch welche sie sich die Herrschaft über die ihr unterworfenen Planeten und Kometen erworben hat. Diese Herrschaft verdankt sie sich selbst, ihrer eigenen Kraft, d. h. ihrer Masse, die 355000mal größer, als die Masse der Erde, und selbst noch über siebenhundertmal größer ist, als die aller übri-

Digitized by Google

gen Körper des ganzen Planeten-Systems zusammen genommen. Wir werden weiter unten sehen, daß diese Masse es eigentlich ist, wodurch sie alle Planeten an sich fesselt und sie zwingt, die ihnen angewiesenen Bahnen in schweigendem Gehorsame um sie zu beschreiben. Dieses Uebergewicht der Masse macht sie nicht nur zu dem Haupt- und Central-Körper des ganzen Systems, sondern dasselbe begründet zugleich die streng monarchische Einrichtung dieses großen Staates, in welchem die Kraft des Herrschers die aller seiner Unterthanen so weit übertrifft, daß wenigstens größere Unordnungen jeder Art völlig unmöglich sind.

§. 2. (Größe der Sonne.) Auch an Größe, an körperlichem Umfange kann kein Planet mit der Sonne verglichen werden. Der Durchmesser der Sonnenkugel beträgt 188000 deutsche Meilen, also ihre Oberfläche 111000 Millionen Quadratmeilen, und ihr Volum 3500 Billionen Kubikmeilen. Allein diese Zahlen sind zu groß, um uns einen deutlichen Begriff von dem wahren Umfange der Sonne zu geben. Suchen wir also uns durch Vergleichung mit andern bereits bekannten Körpern die Sache gleichsam zu versinnlichen.

Der kleinste aller unserer Planeten ist Vesta. Sein Durchmesser beträgt, nach Schröter's Messungen, nicht einmal sechszig Meilen. Der Sonnendurchmesser ist also über 3100 mal größer, als jener der Vesta, also ist auch der körperliche Inhalt oder das Volum der Sonne gegen 30000 Millionenmal größer, als das Volum der Vesta, oder aus der Sonne lassen sich mehr als 30000 Millionen der Vesta gleich große Kugeln machen. Solcher Kugeln aber, wie unsere Erde, würde man über 1300000 um einander legen müssen, um endlich einen Körper, der Sonne am Umfange gleich, zu erhalten. Ja selbst alle Planetenkugeln zusammengefügt, würden noch nicht den 560sten Theil der Sonnenkugel an Raum einnehmen. — Da aber auch diese Zahlen noch immer zu groß sind, uns eine klare Vorstellung von der wahrhaft ungeheuern Ausdehnung des Sonnenkörpers zu geben, so wollen wir uns denselben um seinen Mittelpunkt so weit ausgehöhlt denken, daß die Erde in diesem Mittelpunkte stehen, und um sie der Mond in seiner Entfernung von 50000 Meilen sich frei in dieser Höhle bewegen könne. Da würde demnach doch noch ein nicht ausgehöhlter Rand der Sonne, eine Kugelschaale übrig bleiben, deren Dicke nahe eben so groß ist, als der Halbmesser dieser Höhle selbst. Zu einer sogenannten Reise um die Welt, d. h. um den Umkreis der Erde zurückzulegen, würde ein Wanderer, der täglich zehn deutsche Meilen macht, 540 Tage, zu einer Reise um die Sonne aber würde derselbe 59160 Tage oder mehr als 160 Jahre brauchen.

§. 3. (Dichtigkeit der Masse.) Wenn aber die Sonne an Größe und Masse alle anderen Planeten weit überwiegt, so steht sie ihnen im Gegentheil an der Dichtigkeit ihrer Masse weit nach. Der Stoff, aus dem dieser große Körper gewoben ist, ist viermal lockerer, als der Stoff der Erde. Die Leser werden fragen, woher wir dieß wissen, und wer die Materie, aus welcher die Sonne besteht, in dieser Beziehung untersucht hat? — Allein das hätten sie besser schon oben, als wir von der Masse der Sonne gesprochen haben, fragen können. Wenn man einmal die Masse und das Volum eines Körpers kennt, so ist es sehr leicht, auch die Dichtigkeit desselben zu finden, da diese immer gleich der Masse, dividirt durch das Volum des Körpers, ist. Es wurde aber oben gesagt, daß die Masse der Sonne 355000, und das Volum derselben 1300000 mal größer ist, als das der Erde. Wenn man nun die erste dieser beiden Zahlen durch die zweite dividirt, so erhält man 0.27 oder nahe $^1/_4$, daher die Dichtigkeit der Sonne nur den vierten Theil

Digitized by Google

der Dichtigkeit der Erde betragen kann. Wie man aber zu jener Kenntniß der Masse der Sonne gelangen kann, werden wir in der nächstfolgenden Abtheilung dieses Werkes sehen, wie wir denn überhaupt hier noch gar manches, von dem wir erst in der Folge eine, wie wir hoffen, völlig genügende Rechenschaft werden geben können, dem guten Glauben und dem Vertrauen der Leser zu unserer Redlichkeit überlassen müssen. Es mag ihnen immerhin etwas auffallend dünken, wenn sie die Astronomen behaupten hören, daß sie die Gestirne des Himmels wie auf einer Wage abgewogen und gefunden haben sollen, daß sie, wenn sie die Sonne in die eine Wagschale legten, in die andere 355000 solche Kügelchen, wie unsere Erde ist, legen müßten, um das Gleichgewicht der Wage zu erhalten. Aber da sie diesen Astronomen glauben, wenn sie die Finsternisse der Sonne und des Mondes ganze Jahre, ja Jahrhunderte voraus sagen, warum sollten sie eben hier mißtrauischer seyn und ihnen weniger Glauben schenken? Zwar sind von diesen Finsternissen schon so viele eingetroffen und genau so eingetroffen, wie sie von den Astronomen vorausgesagt worden sind. Aber auch jene Aussagen von der Masse und Dichtigkeit der Himmelskörper werden eintreffen, und, wie wir mit Zuversicht erwarten, selbst in einem Werke dieser Art, aus dem doch alle eigentliche Rechnung verwiesen seyn soll, eine Bestätigung finden, die jeden unserer Leser vollkommen zufrieden stellen soll.

§. 4. (Fall der Körper auf der Oberfläche der Sonne.) Wir wollen daher, im Vertrauen auf den guten Glauben der Leser zu unserer Wahrheitsliebe, sogleich noch einen Schritt weiter gehen und hinzusetzen, daß die Astronomen nicht bloß die Masse der Sonne abgewogen, und die Dichtigkeit des Stoffes, aus dem sie besteht, bestimmt haben, sondern daß sie sogar dahin gekommen sind, zu erfahren, wie tief ein Stein oder sonst irgend ein schwerer Körper in der ersten Secunde fallen würde, wenn er auf der Oberfläche der Sonne seiner Unterstützung beraubt und sich selbst überlassen würde. Auf unserer Erde beträgt dieser Fall der Körper in der ersten Secunde bekanntlich nahe 15 Par. Fuß, wie bereits Tausende von Beobachtungen gezeigt haben, und wie jeder, wenn er will, selbst versuchen kann. Auf der Sonne aber haben wir allerdings keine solche Beobachtungen anstellen können, allein wir wissen demungeachtet nicht weniger gewiß, daß dieser Fall der Körper dort 430 Fuß beträgt, und daß daher die Körper auf der Sonne in dieser ersten Secunde nahe 29mal tiefer fallen, als auf der Erde. Wir werden weiter unten Gelegenheit haben, auch von dieser Behauptung eine Jedermann zufrieden stellende Rechenschaft zu geben. Hier wollen wir uns begnügen, zu wissen, daß jeder Körper, der bei uns z. B. hundert Pfunde wiegt, dort 2900 Pfunde oder nahe 30 Centner wiegen würde. Dieß Experiment dürfte aber, selbst wenn wir zur Sonne gelangen könnten, nicht mit unseren gewöhnlichen Wagen angestellt werden, da das Gewicht in der anderen Schale der Wage ebenfalls ein Körper, und daher ebenfalls 29mal schwerer auf der Sonne seyn würde, als auf der Erde. Aber eine Maschine, z. B. eine elastische Feder, die den Druck der auf ihr liegenden Körper angäbe, würde hier schon bessere Dienste leisten, da der vorhergehende Ausdruck eigentlich nur sagen will, daß der Druck eines jeden Körpers auf seine Unterlage an der Oberfläche der Sonne 29mal größer ist, als an der der Erde. Und doch würden wir uns vergebens bemühen, auch den Versuch mit einer solchen Maschine auf der Sonne anzustellen, selbst wenn wir Mittel hätten, bis zu ihr zu gelangen. Denn abgerechnet, daß wir, wenn wir auf unserer Reise von der Erde zur Sonne der letztern einmal nahe genug kämen,

Digitized by Google

mit einer so großen Kraft von ihr angezogen, und mit einer so ungeheuern Geschwindigkeit auf ihr ankommen würden, daß wir entweder schon längst erstickt, oder bei unserem Auffalle zerschmettert werden müßten; angenommen selbst, daß wir ein Mittel hätten, uns vor der großen Hitze zu schützen, die wir wahrscheinlich in ihrer Nähe erleiden müßten, so würde schon jener größere Druck selbst unseren Aufenthalt in der Sonne ganz unmöglich machen. Unser eigener Körper würde nämlich uns selbst ebenfalls mit einem 29mal größeren Gewichte drücken, und die 150 Pfunde, die wir etwa hier mit uns herumtragen, würden dort mit einer 29mal größeren Kraft, d. h. mit einem Gewichte von 4350 Pfunden auf uns lasten, und wir würden demnach, da wir unser eigenes Gewicht nicht mehr ertragen könnten, von uns selbst erdrückt werden.

§. 5. (Veränderliche Dichtigkeit der Sonnenmasse.) Uebrigens muß bemerkt werden, daß die oben erwähnte Dichtigkeit der Sonnenmasse nur die mittlere Dichtigkeit derselben ist, oder daß, wenn die Sonne in allen ihren Theilen eine durchaus homogene Masse hätte, die Dichtigkeit derselben dem vierten Theile der mittlern Dichtigkeit unserer Erde gleich, also nahe so groß, wie die des Pechs oder der Steinkohle seyn würde. Allein diese Voraussetzung einer überall gleich dichten Masse der Sonne ist äußerst unwahrscheinlich, und wir werden später sehen, daß die Dichte dieses Himmelskörpers mit der Nähe zu seinem Mittelpunkte immer zunehmen, und in diesem Mittelpunkte selbst eine ganz außerordentliche seyn müsse, weil hier die Masse der Sonne durch die Kraft ihrer eigenen Anziehung sehr stark zusammengedrückt wird. Es ist aber bekannt, daß die Temperatur aller Körper, wenn sie einer heftigen Compression ausgesetzt werden, sehr hoch ist, woraus folgt, daß im Innern der Sonne auch eine sehr große Hitze herrschen muß, und daß vielleicht nur die durch diese Hitze vermehrte Elasticität der Sonnenmasse sie wieder hindert, daß sie nicht durch ihre eigene Attractionskraft in einen sehr kleinen Körper zusammengedrückt werde.

§. 6. (Physische Beschaffenheit der Sonne.) Es würde ohne Zweifel sehr interessant seyn, die physische Beschaffenheit dieses Centralkörpers unseres Planetensystems, auch nur die seiner Oberfläche, näher zu kennen. Allein diese Sonne ist zu Untersuchungen dieser Art, selbst für unsere besten Fernröhre, zu weit entfernt, als daß wir auf große Erfolge rechnen könnten. Nach den neuesten Untersuchungen beträgt die Horizontalparallaxe (I. §. 64) derselben für die Bewohner unseres Aequators nur 8.578 Secunden, woraus die mittlere Entfernung derselben von der Erde gleich 20665800 deutschen Meilen abgeleitet wird, eine Distanz, welche eine Kanonenkugel, wenn sie auch in jeder Secunde 1500 Fuß durchlaufen würde, erst in zehn ganzen Jahren zurücklegen könnte. Welche Aussichten haben wir unter solchen Verhältnissen zu großen Entdeckungen über die Oberfläche der Sonne, wir, die wir selbst die Oberfläche der uns so nahen Erde noch immer so wenig kennen.

Demungeachtet werden wir durch die Wichtigkeit dieses größten aller Himmelskörper, den wir näher kennen, und noch mehr vielleicht durch die Wohlthaten, die wir ihm täglich und stündlich verdanken, gleichsam aufgefordert, ihn wenigstens so weit, als es unsere beschränkten Kräfte erlauben, zu untersuchen. Unter diesen Wohlthaten haben wir bereits oben als die zwei vorzüglichsten Licht und Wärme genannt. Es wird nicht unangemessen seyn, bei jedem dieser wahrhaft himmlischen Geschenke etwas länger zu verweilen, um so mehr, da verschiedene wesentliche Eigenschaften derselben erst in den neuesten Zeiten entdeckt, und daher vielleicht noch nicht allgemein genug bekannt sind.

Digitized by Google

Licht.

§. 7. (Dem Lichte verdanken wir die Farben in der Natur.) Ohne Sonnenlicht würde die Erde, würden alle Planeten von einer ewigen Nacht bedeckt, und das ganze Sonnensystem würde eine starre Wüste, ein weites, finsteres Grab seyn. Die Folgen eines solchen Zustandes, so wie die bloß allgemeinen Vortheile, deren wir uns jetzt durch Hülfe dieses Lichtes erfreuen, sind aber bereits so allgemein bekannt, und auch so leicht zu finden, daß es überflüssig wäre, sie hier näher auseinander zu setzen.

Verweilen wir daher bloß einige Augenblicke bei einer der vielen besonderen Eigenschaften, durch welche sich das Sonnenlicht vor jedem anderen Lichte auszeichnet. Es ist bekannt, daß jeder einzelne Sonnenstrahl, wenn er durch ein Glasprisma geht, in eine große Anzahl von farbigen Strahlen getheilt wird, unter welchen man vorzüglich die sieben auf einander folgenden unterscheidet: roth, orange, gelb, grün, blau, indigo und violett. Diese gefärbten Strahlen haben alle eine andere Richtung, als der ursprünglich weiße Strahl, und zwar liegt der rothe Strahl dem ursprünglichen am nächsten, während der violette am weitesten von ihm entfernt ist, so daß also das Prisma, wie man zu sagen pflegt, die rothen Strahlen am wenigsten, und die violetten am meisten bricht. Wird einer dieser gefärbten oder bereits gebrochenen Strahlen neuerdings durch ein Prisma geführt, so ändert er weder seine Brechung, noch seine Farbe, zum Beweise, daß diese Farbe dem Lichte selbst eigenthümlich angehört. Werden endlich alle sieben farbige Strahlen durch eine convexe Glaslinse wieder gesammelt, so erscheint der weiße Strahl wieder, zum Zeichen, daß derselbe in der That aus jenen gefärbten Strahlen zusammengesetzt ist.

Wenn nun, um nur bei dieser einzelnen Erscheinung stehen zu bleiben, wenn das Sonnenlicht ursprünglich weiß, und nicht aus farbigen Strahlen zusammengesetzt wäre, welche Folgen würden aus einer solchen Einrichtung entstehen? — Die ganze Natur würde farbenlos seyn; alle Körper würden ein bleifarbiges Ansehen haben; die Morgenröthe, und selbst das menschliche Antlitz, die Morgenröthe des Lebens auf den blühenden Wangen der Jugend, würde nur mehr unseren Zeichnungen mit Tusch, unseren grauen Kupferstichen gleichen. Der Regenbogen mit seinem schönen Farbenspiele würde in eine schmale Linie weißgrauen Lichtes übergehen; die Sterne würden matt an einem aschfarbnen Himmel scheinen; der Vorbote des Morgens, so wie der Beschließer unserer Tage, würde nicht mehr seinen Rosenmantel, sondern nur eine einfarbige graue Decke über den Himmel breiten, und selbst der schönste Mittag würde uns nur wie jetzt ein trüber Wintertag erscheinen. Aber die Natur, die schon in die Formen der Körper, die sie gebildet hat, eine so ausgezeichnete Schönheit zu legen wußte, hat ihnen zugleich jene ätherische Anmuth hinzugefügt, die sie aus den Farben der Sonnenstrahlen schöpfte. Ohne dieses Geschenk könnte wohl das Laub der Pflanzenwelt den Knospen noch Nahrung, und der von ihnen bedeckten Frucht noch Schutz gewähren, aber das jugendliche Grün der Blätter, und der frische Schmelz unserer Wiesen im Frühling würde mit dem welken Gelb des Herbstes überzogen seyn. Ohne dieses Geschenk könnte der Diamant wohl noch seinen Glanz und seine Härte haben, aber er würde, seines lebhaften Farbenspieles beraubt, aufhören, in dem Kranze der Schönheit und in dem Diademe der Fürsten zu prangen. Ohne dieses köstliche Geschenk endlich könnte wohl das menschliche Angesicht noch immer dasselbe

Digitized by Google

feine Gewebe, noch immer derselbe Verräther unserer verborgensten Gefühle seyn, aber das Rosenlicht der Liebe und die Purpurfarbe der Schaamröthe würde nicht mehr auf der jugendlichen Wange blühen, und selbst jene verrätherische fliegende Röthe des welkenden Gesichtes des Erkrankten würde nicht mehr die herannahende, oft willkommene Befreiung von dem Lager der Schmerzen verkündigen.

§. 8. (Eigenschaften des Sonnenspectrums.) Der in seine Farben zerlegte Sonnenstrahl erscheint, wenn er von einer weißen Tafel aufgefangen wird, auf derselben unter der Gestalt eines an seinen beiden kürzeren Seiten abgerundeten Rechtecks, welches man das Farbenspectrum zu nennen pflegt. Nimmt man die Länge dieses Spectrums als Einheit an, so beträgt davon das rothe Licht 0.12, das orangefarbne 0.07, das gelbe 0.13, das grüne 0.17, das blaue 0.17, das indigofarbne 0.11, und endlich das violette 0.23 Theile, so daß also das violette den größten und das orangefarbe den kleinsten Raum einnimmt. Im Jahre 1802 aber bemerkte Wollaston zuerst in diesem Spectrum zwei ganz schwarze gerade Linien, die senkrecht auf die zwei längsten Seiten des Rechtecks standen, und von welchen die eine in der grünen, und die andere in der blauen Farbe sich zeigte. Er verfolgte diese Entdeckung nicht weiter, bis sie, mehrere Jahre später, von Fraunhofer, dem Wollaston's Beobachtung unbekannt war, dahin erweitert wurde, daß er eine große Anzahl, beinahe 600 solcher schwarzen Streifen in dem Sonnenspectrum fand, die alle unter sich parallel und von verschiedener Dicke und Schwärze waren. Man sieht diese Linien, wenn man das Spectrum durch ein Fernrohr beobachtet, immer in denselben relativen Distanzen von einander sowohl, als auch von den Gränzen der einzelnen Farben. Wenn z. B. drei schwarze Linien bemerkt werden, von welchen die beiden ersten doppelt so weit von einander abstehen, als die beiden letzten, und von welchen die mittlere die größte ist, und genau in der Mitte der grünen Farbe liegt, so findet man alle diese Verhältnisse bei jedem andern Spectrum wieder, welcher Art auch das Prisma von Glas, Krystall, Wasser u. dgl. seyn mag, dessen man sich zur Spaltung des Sonnenstrahls bediente. Ihre Anzahl, die Ordnung ihrer Aufeinanderfolge, ihre Intensität ist immer dieselbe, wenn nur der Strahl entweder direct, oder auch indirect, z. B. durch Reflexion, von der Sonne kömmt. Das Licht des Mondes, der Planeten, der Fixsterne, ferner das unseres Lampen- oder Küchen-Feuers, oder das der electrischen Funken zeigt zwar auch jene schwarzen paralleten Linien, aber in ganz anderer Ordnung und Vertheilung, so daß jedes Licht sein eigenes System dieser Linien zu haben scheint. Das Licht des Sirius z. B. hat in der orangen und gelben Farbe gar keine schwarzen Streifen, dafür mehrere starke in der grünen und blauen, die das Sonnenspectrum nicht zeigt. Die Streifen in dem Lichte der Zwillinge sind wieder von denen des Sirius verschieden u. s. w., so daß vielleicht jeder Fixstern sein eigenes Licht-System hat. Da diese Linien in dem Spectrum eines jeden Ortes immer eine feste, unveränderliche Stelle einnehmen, so geben sie ein viel sichereres Mittel, die Brechung der Lichtstrahlen und die einzelnen Farben zu messen, als man früher hatte, wo man nur diese immer sehr schlecht begränzten Farbenstreifen selbst als die eigentlichen Beobachtungspunkte nehmen mußte.

§. 9. (Verschiedene Intensität des Spectrums.) Die Intensität oder die Stärke der Beleuchtung ist nicht in allen Theilen des Sonnenspectrums gleich groß. Fraunhofer fand durch sehr genaue Beobachtungen mit dem Photometer, daß die stärkste Beleuchtung sehr nahe bei der Gränze

Digitized by Google

zwischen orange und gelb liegt. — Man hat früher geglaubt, daß die helleren Stellen des Spectrum auch zugleich die heißesten seyen, d. h. daß die größte Intensität des Lichts mit jener der Temperatur zusammenfalle, daher Landriani, Sennebier u. a. die gelben Strahlen für die heißesten hielten. Allein der ältere Herschel hat durch unmittelbare Thermometer-Beobachtungen gezeigt, daß erstens die Temperatur in dem Maße zunehme, wie man von den violetten zu den rothen Strahlen fortgeht, und daß zweitens die höchste Temperatur noch etwas jenseits der rothen Farbe, also außerhalb des Spectrum liege. Daraus folgt, daß die Sonne nicht bloß sichtbare Lichtstrahlen, sondern daß sie auch unsichtbare Wärmestrahlen habe, und daß die Brechbarkeit der letzten kleiner sey, als die der ersten, weil, wie schon erwähnt, unter den sichtbaren Strahlen die rothen die kleinste, und die violetten die größte Brechung haben. Selbst in der Entfernung von zwei Zollen von den äußersten rothen Strahlen ist die Temperatur der Wärmestrahlen noch beträchtlich. Englefield fand die Temperatur der blauen Strahlen 13° Reaumur, der grünen 14°, der gelben 17°, der rothen 22°, und die höchste Temperatur jenseits der rothen Strahlen 26°. Seebuch, der diese Beobachtungen mit besonderem Fleiße wiederholte, fand den Ort der höchsten Temperatur verschieden je nach der Materie, aus welcher das Prisma gemacht wurde. Für das Glas gaben die rothen Strahlen die größte Wärme, für Ammoniacsalz und Schwefelsäure die orangefarbnen, für Wasser, Alcohol und mehrere Oele die gelben u. s. w.

§. 10. (Chemische Wirkungen des Spectrum.) Die verschiedenen Stellen des Sonnenspectrum unterscheiden sich auch noch durch ihre chemischen Wirkungen. Schon Scheele hatte bemerkt, daß salzsaures Silber in der blauen Farbe des Spectrum viel eher und viel stärker schwarz werde, als in der rothen, und der jüngere Herschel fand später, daß die größte Intensität dieser chemischen Kraft noch etwas jenseits der violetten Strahlen, also wieder außerhalb des Spectrum, liege, so daß also das uns sichtbare Spectrum auf der einen Seite von den intensivsten wärmenden, und auf der andern von den intensivsten chemischen Strahlen begränzt wird. Die ersten, auf der Seite der rothen Farbe, stellen sogar das in der blauen Farbe geschwärzte salzsaure Silber wenigstens großentheils wieder her, so daß also die erste Gattung der unsichtbaren Strahlen, die neben der rothen Farbe, die Oxygenation, und die zweite Gattung, neben der violetten Farbe, die Desoxygenation der Körper befördern. Seebuch, der die Beobachtungen der chemischen Wirkungen der Farben mit besonderer Umsicht anstellte, fand, daß jede Farbe auf das salzsaure Silber eine besondere Wirkung äußere, da es in der violetten Farbe braunroth, in der blauen blaßgrau, in der gelben weißgelb, und in der rothen Farbe ebenfalls röthlich wurde.

§. 11. (Magnetische Wirkungen des Spectrum.) Endlich hat man, in den letzten Zeiten, auch noch verschiedene magnetische Kräfte in den einzelnen Theilen des Sonnenspectrum entdeckt. Schon Morichini fand, daß gewöhnliche Stahlnadeln in dem violetten Farbentheile von selbst magnetisch werden. Carpa, Rudolfi und Davy bestätigten diese Beobachtungen, und Sommerville fand überdieß, daß auch die blaue und grüne Farbe der Nadel noch eine magnetische Kraft, obgleich eine schwächere, mittheile, während im Gegentheile die gelbe, orange und rothe Farbe gar keine solche Kraft zu besitzen scheint. Prof. Baumgartner in Wien fand, daß Stahldraht, dessen eine Hälfte polirt, die andere aber rauh ist, wenn er dem weißen Lichte der Sonne einige Zeit durch ausgesetzt ist, magnetisch wird, indem die beiden Enden des polirten Theils

Digitized by Google

einen Nordpol, und die beiden Enden des andern Theils einen Südpol zeigten. Barlocci fand später, daß gewöhnliche Magnete, wenn sie dem Sonnenlichte ausgesetzt werden, ihre Kraft beinahe verdoppeln, wenn man den Nordpol derselben gegen die Sonne richtet, und daß sie im Gegentheil, wenn man den Südpol gegen die Sonne stellt, an Kraft verlieren. Obschon Ries und Moser sich gegen diese Experimente erklärten, da sie dieselben durch ihre eigenen Beobachtungen nicht bestätiget fanden, so scheinen sie doch die Aufmerksamkeit der Naturforscher in hohem Grade zu verdienen.

§. 12. (Geschwindigkeit und Feinheit des Sonnenlichts.) Die Ausstrahlung des Lichts scheint durch seine Expansivkraft, oder durch eine sehr starke und schnell wirkende Abstoßungskraft der leuchtenden Körper hervorgebracht zu werden. Diese Kraft muß ungemein groß seyn, da sich das Licht mit einer außerordentlichen Schnelligkeit fortpflanzt. Es legt in einer Secunde 41900 d. Meilen, also in einem Tage über 3620 Millionen, und in einem Jahre von 365¼ Tagen über 1322263 Millionen Meilen zurück, so daß es von der Sonne bis zur Erde, wenn diese in ihrer mittleren Entfernung von der Sonne ist, in 8 Minuten 13.22 Secunden gelangt. Dieß ist die größte Geschwindigkeit, die wir bisher kennen gelernt haben. Nur die Fortpflanzung der Schwere scheint noch unvergleichbar geschwinder vor sich zu gehen, und die Zeit, welche z. B. die Attraction der Sonne braucht, bis zur Erde zu gelangen, muß, wie die Rechnung zeigt, noch viele Millionenmale kürzer seyn, als diejenige, die das Licht anwendet, denselben Weg zurückzulegen. — Da aber die Wirkung, welche ein Körper durch seine Bewegung auf andere Körper hervorbringt, das Produkt seiner Masse in seine Geschwindigkeit ist, so müßte das so ungemein schnell bewegte Licht einen sehr schmerzhaften Eindruck auf unser Auge machen, wenn die Masse, die Feinheit der einzelnen Lichttheilchen nicht noch viel erstaunenswerther wäre, als die Geschwindigkeit derselben. Wegen dieser außerordentlich geringen Masse hat man auch das Licht bisher zu den Imponderabilien (den unwägbaren Substanzen) gezählt. Wahrscheinlich sind die einzelnen Elemente, aus welchen jeder Lichtstrahl besteht, sehr weit von einander entfernt, weil es sonst nicht zu erklären wäre, wie man selbst durch die kleinste Oeffnung eines vor dem Auge gehaltenen Blattes eine ganze Gegend übersehen kann, da doch von jedem einzelnen Punkte der Gegend Strahlen durch diese Oeffnung gehen müssen, ohne sich zu stören. Da der Eindruck des Lichtes im Auge, nach den darüber angestellten Beobachtungen, nicht unter ein und nicht über drei Zehntheile einer Secunde dauert, so kann ein Lichttheilchen von dem andern über 4000 Meilen entfernt seyn, ohne daß darum der sogenannte Lichtstrahl aufhören wird, uns als eine gerade Linie zu erscheinen.

§. 13. (Vibrations- und Emanations-Hypothese.) Es kann aber auch seyn, daß das Licht nicht in einer Emanation der leuchtenden Körper, sondern daß es in den Schwingungen eines diese Körper umgebenden elastischen Mittels besteht, so wie der Ton durch die Schwingungen entsteht, welche tönende Körper in unserer Atmosphäre hervorbringen, wenn sie die Vibrationen, die sie durch eine äußere Kraft erhalten haben, der sie umgebenden elastischen Luft mittheilen. Diese letzte Hypothese, die zuerst Huygens und Euler aufstellten, scheint in der That mehrere Erscheinungen des Lichts vollkommen zu erklären, die nach der von Newton angenommenen Voraussetzung einer Emanation nicht, oder doch nicht so gut dargestellt werden können.

Zu den schönsten Entdeckungen der Optik in den neuesten Zeiten

Digitized by Google

gehören ohne Zweifel diejenigen Erscheinungen des Lichts, die man unter der Benennung der Polarisation und Interferenz desselben zu begreifen pflegt. Da sie, als neue Gegenstände, ihres hohen Interesses ungeachtet, nur erst einem kleinen Kreise von Lesern bekannt seyn mögen, so wird es nicht unangemessen erscheinen, einige Augenblicke bei ihnen zu verweilen.

§. 14. (Allgemeine Erscheinung des polarisirten Lichts.) Wenn ein Sonnenstrahl auf einen gewöhnlichen durchsichtigen Körper, z. B. auf Glas fällt, so kann er wohl in demselben von seiner frühern Richtung abgelenkt werden, aber immer sieht man ihn wieder auf der andern Seite des Glases als einen einzigen Strahl heraustreten. Allein unter diesen durchsichtigen Körpern gibt es einige, welche von der erwähnten Erscheinung eine merkwürdige Ausnahme machen. Dahin gehört vorzüglich der sogenannte isländische Krystall, der Kalkspath u. f. Wenn ein Lichtstrahl auf die Oberfläche eines solchen Körpers, selbst in senkrechter Richtung fällt, so theilt er sich daselbst sogleich in zwei Strahlen. Der eine geht, ohne eine Beugung zu erfahren, durch den Krystall durch, während der andere von seiner ersten Richtung sehr stark abgelenkt wird. Man nennt jenen den gewöhnlichen, und diesen den ungewöhnlichen oder außerordentlichen Strahl. Beide liegen immer in einer auf die brechende Fläche des Krystalls senkrechten Ebene, und diese Ebene wird der Hauptschnitt des Krystalls genannt.

Legt man nun ein Krystall so, daß sein Hauptschnitt z. B. in der Ebene des Meridians in der Richtung von Süd nach Nord gehe, und stellt man in einiger Entfernung unter ihm einen andern solchen Krystall, dessen Hauptschnitt ebenfalls im Meridian, also dem vorigen parallel liegt, und läßt man auf die obere Fläche des ersten Krystalls einen Lichtstrahl fallen, so wird derselbe durch den ersten Krystall, wie gesagt, in zwei Strahlen gebrochen werden, demnach als ein doppelter Strahl aus ihm hervor-, und bald darauf in den zweiten Krystall eintreten. Wird nun auch jeder dieser zwei auf den zweiten Krystall auffallenden Strahlen von demselben wieder in zwei andere gespalten werden? Wird man also jetzt vier Strahlen aus dem zweiten Krystall heraustreten sehen? — Keineswegs. Der gewöhnliche Strahl wird auch in dem zweiten Krystall der gewöhnliche bleiben, aber der außerordentliche wird sehr stark von seiner frühern Richtung abgelenkt werden, und keiner von diesen beiden Strahlen wird weiter gespalten, so daß man aus dem zweiten, wie vorhin aus dem ersten Krystall, nur zwei Strahlen austreten sieht.

Um dieß durch Zeichnung zu versinnlichen, sey ABMN (Fig. 31.) ein solches Stück Isländischen Krystalls, und Rr der auf die obere Fläche desselben einfallende Strahl. Derselbe wird bei r in den gewöhnlichen Strahl rO und in den außerordentlichen rE gespalten, wo dann beide an der untern Seite des Krystalls in den Richtungen Oo und Ee wieder aus demselben heraustreten. Wird diese untere Seite auf ein Blatt weißen Papiers gestellt, auf welchem man eine schwarze Linie MN verzeichnet hat, so sieht ein Auge bei R diese Linie doppelt, nämlich MN und mn. Wenn man aber das Auge immer in derselben Richtung hält, und den Krystall auf seiner Unterlage von Papier gleichsam um die Axe Or dreht, so treten diese beiden Linien MN und mn näher an, oder weiter von einander, und es gibt in der ganzen Peripherie dieser Drehung zwei einander gegenüberstehende Punkte, wo diese beiden Linien zusammen fallen, und nur eine einzige bilden, und wieder zwei andere, nahe

Digitized by Google

90 Grade von jenen entfernte Punkte, wo diese beiden Linien ihr größten Abstand von einander haben.

Wenn der ursprüngliche Lichtstrahl Rr senkrecht auf die Fläche d Krystalls fällt, so geht er ganz ohne Biegung durch, und wenn er unt irgend einem schiefen Winkel auf diese Fläche fällt, so wird er zwar dieser obern sowohl, als auch an der untern Fläche, bei r und bei gebogen, aber ganz nach dem bekannten Gesetze der Refraction, daß näm lich die Sinus des Einfalls- und des Brechungs-Winkels immer dasse Verhältniß unter sich beibehalten. Da dieß bei allen durchsichtigen Kö pern im Allgemeinen beobachtet wird, so heißt eben aus dieser Ursac rO der gewöhnliche Strahl. Dieses Gesetz der allgemeinen Refracti wird nun von dem andern Strahl rE nicht befolgt, und deßwegen wi er auch der außerordentliche Strahl genannt.

In Fig. 32 werden zwei solcher Krystalle in geringer Entfernu von einander und so vorgestellt, daß ihre Hauptschnitte einander paral liegen. Der Lichtstrahl Rr soll, der größeren Einfachheit wegen, sen recht auf die Oberfläche des ersten Krystalls einfallen, und also bei r zwei Strahlen gespalten werden. Der gewöhnliche Strahl rD geht u gebrochen durch beide Krystalle und verfolgt den Weg rDGKOo; d außerordentliche Strahl aber wird in r sowohl, als auch in C, und dan in F sowohl, als auch in H gebrochen, so daß sein Weg rCFHEe ist.

Wenn aber der untere Krystall um seine Axe so lange gedreht wird bis sein Hauptschnitt auf dem Hauptschnitte des oberen Krystalls sen recht steht, oder mit ihnen einen rechten Winkel bildet, so verhält sic die Sache so, wie sie in Fig. 33 dargestellt wird. Dann wird nämlic der gewöhnliche Strahl rODG des ersten Krystalls in dem zweiten au die außerordentliche Weise, und der außerordentliche Strahl rECF de ersten Krystalls wird von dem zweiten auf die gewöhnliche Weise ge brochen. Es ist nämlich (in Fig. 32) Oo der durch beide Krystalle ge wöhnlich, und Ee der durch beide außerordentlich gebrochene Strahl, un eben so ist (Fig. 33) Oe der im ersten Krystall gewöhnlich und im zweite außerordentlich, so wie endlich Eo der im ersten Krystalle außerordent lich und im zweiten gewöhnlich gebrochene Strahl.

In jeder von diesen beiden Lagen der zwei Krystalle, wo die Haupt schnitte derselben entweder parallel oder auf einander senkrecht sind, wird weder der gewöhnliche, noch der außerordentliche Strahl von dem zwei ten Krystall mehr gespalten, und man sieht immer nur zwei Strahlen. Aber in den Zwischenpositionen dieser beiden Lagen, wenn nämlich de Winkel der beiden Hauptschnitte weder 0 noch 90 Grade beträgt, hat allerdings eine solche Spaltung statt, so daß man dann mehr als zwei Lichtstrahlen bemerkt.

§. 15. (Erklärung dieser Erscheinungen des polarisirten Lichts.) Was ist nun die Ursache dieser sonderbaren Erscheinungen? — Auf den ersten Blick könnte man glauben, daß jeder Lichtstrahl aus zwei verschiedenen Strahlen, aus zwei verschiedenen Reihen von Elementen besteht, von welchen die erste die Eigenschaft hat, auf die gewöhnliche, und die an dere auf die außerordentliche Weise, von diaphanen Körpern gewisser Art, gebrochen zu werden. Aber die so eben angeführte Beobachtung steht mit dieser Annahme im Widerspruch, indem nämlich, wenn die Haupt schnitte auf einander senkrecht stehen, der gewöhnliche Strahl des ersten Krystalls der ungewöhnliche im zweiten wird und umgekehrt.

Der ganze Unterschied zwischen den in Fig. 32 und 33 vorgestellten Erscheinungen rührt offenbar nur daher, daß man in Fig. 32 die beiden Hauptschnitte parallel, also z. B. beide von Süd gen Nord gestellt hat,

Digitized by Google

während man in Fig. 33 den einen nach Südnord und den andern nach Ostwest gerichtet hat. Die von dem ersten Krystalle kommenden Strahlen würden also von dem Hauptschnitte des zweiten Krystalls in Fig. 32 in der Richtung Südnord, und in Fig. 33 in der Richtung Ostwest geschnitten. Es muß also auch in jedem Lichtstrahle etwas seyn, das seine Südnordseite von seiner Ostwestseite verschieden macht, und diese zwei oder eigentlich diese vier Hauptseiten müssen noch das Eigenthümliche haben, daß die Nordsüdseite des gewöhnlichen Strahls mit der Ostweststeite des außerordentlichen Strahls als identisch angesehen werden kann, so zwar, daß der letzte, wenn er um 90 Grade um sich selbst gedreht wird, von dem ersten nicht mehr unterschieden werden kann. Wir werden daher künftig bei jedem Lichtstrahl, so fein er auch übrigens seyn mag, vier Seiten zu unterscheiden haben, deren jede 90 Grade von ihren beiden nächsten absteht, etwa so wie wir bei einem Dolche drei Schneiden, und bei jeder viereckigen Stange vier Ecken oder Flächen unterscheiden, und diese vier Seiten werden so wesentlich verschieden seyn, wie es z. B. die Schneide oder der Rücken oder die beiden Seiten eines jeden Messers sind.

Da man bei dem Magnet bekanntlich ebenfalls zwei Seiten oder zwei Punkte bemerkt, die man die Pole des Magnets nennt, und deren Eigenschaften in mehreren Stücken mit den eben erwähnten der Lichtstrahlen ähnlich sind, so hat man analog die auf die vorhergehende Weise erhaltenen Strahlen Oo und Ee (Fig. 31.) polarisirtes Licht genannt. Denkt man sich einen solchen gleichsam cylindrischen Lichtstrahl, senkrecht auf seine Länge, durchschnitten, so wird dieser Schnitt die Gestalt eines Kreises haben. Ziehen wir in einem solchen leicht zu verzeichnenden Kreise einen Durchmesser AB und einen darauf senkrechten CD; dieß vorausgesetzt, wird also jeder polarisirte Lichtstrahl in den beiden einander gegenüberstehenden Punkten A und B gleiche, und in den beiden Punkten C und D zwar wieder gleiche, aber jenen entgegengesetzte Eigenschaften haben, und überdieß wird der Strahl Oo (Fig. 31) dieselben Eigenschaften in den beiden Punkten A und B haben, die der Strahl Ee in den beiden anderen Punkten C und D hat, oder mit anderen Worten, die Diameter der gleichartigen Eigenschaften werden, bei den polarisirten Strahlen, auf einander senkrecht stehen.

Die Lage dieser Diameter ist in der Lehre von der Polarisation des Lichtes von der größten Wichtigkeit. Sind bei zwei Lichtstrahlen diese Diameter AB, A'B' also auch CD, C'D' parallel, so sagt man, diese Strahlen sind in derselben Ebene polarisirt. Sind aber die Diameter AB, C'D' und A'B', CD mit einander parallel, so heißen die Strahlen unter rechten Winkeln polarisirt. Die zwei Strahlen Oo und Ee, die man durch den isländischen Krystall erhält, sind daher immer unter rechten Winkeln polarisirt.

§. 16. (Polarisation des Lichts durch andere Mittel.) Auch in Beziehung auf die Reflexion von Spiegeln sind die natürlichen Strahlen von den polarisirten wesentlich verschieden. Von den natürlichen Strahlen, die auf einen Spiegel fallen, wird immer ein großer Theil in der That zurückgeworfen; bei polarisirten Strahlen aber gibt es eine bestimmte Lage des Spiegels, wo er das meiste, und eine andere Lage, wo er ganz und gar kein Licht zurückwirft. Dieß bietet uns daher ein leichtes Mittel, das polarisirte Licht von dem natürlichen zu unterscheiden; aber erzeugen konnte man das letzte doch nur durch die oben erwähnten Versuche mit dem isländischen Krystall.

Allein dabei blieb es nicht lange, und Malus, der die Entdeckung,

Digitized by Google

daß polarisirtes Licht nicht in allen Lagen des Spiegels reflectirt wird, gemacht hatte, fand bald darauf noch eine zweite, und in ihren Folgen viel wichtigere. Er fand nämlich, daß man durch bloße Reflexion der Strahlen von durchsichtigen Spiegeln jeder Art auf eine sehr einfache Weise polarisirtes Licht erzeugen kann. Wenn die Lichtstrahlen von einem gewöhnlichen Glasspiegel unter einem Winkel von 35°.4 oder von der Oberfläche des Wassers unter einem Winkel von 37°.3 zurückgeworfen werden, so ist dasselbe ganz eben so vollkommen polarisirt, als das durch den isländischen Krystall gehende Licht nur immer seyn kann. — Seit der Zeit der Griechen, seit mehr als zweitausend Jahren kennt man die Reflexion des Lichts durch die Spiegel, aber nie ist es weder einem Künstler, noch einem Theoretiker der alten und neuen Zeiten eingefallen, in dieser Reflexion etwas anderes, als ein Mittel zu suchen, die Strahlen der Sonne entweder zu vereinigen oder zu zerstreuen, also überhaupt nur ihre gegenseitige Lage zu ändern, und Niemand hat es auch nur von ferne geahnet, daß man dadurch zugleich eine völlige Aenderung der Natur des Lichtes selbst hervorbringen könne.

Seitdem hat Arago noch eine andere Art, polarisirtes Licht zu erhalten, entdeckt. Die auf diese Art polarisirten Strahlen geben, wenn sie durch einen isländischen Krystall gehen, zwei verschiedene Bilder, deren jedes in einer bestimmten, sehr lebhaften Farbe erscheint. Wenn auch z. B. der einfallende Strahl ganz weiß ist, so ist doch der gewöhnliche Strahl vollkommen roth, oder gelb, oder grün u. s., je nach der Seite, welche dieser Strahl dem Krystalle bei seinem Eintritt in dasselbe zuwendet. Der außerordentliche Strahl aber ist nicht nur immer von einer ganz andern Farbe, als der gewöhnliche, sondern die Farben der beiden Strahlen sind zugleich die verschiedensten, die man finden kann, z. B. stark roth und hellgrün, orange und violett u. s. w. Wenn dieses auf eine neue Art polarisirte Licht von einem diaphanen Spiegel zurückgeworfen wird, zeigen sich ebenfalls neue und sehr merkwürdige Erscheinungen. Ist z. B. einer dieser anfänglich weißen Strahlen vertikal, und begegnet er einem Glasspiegel unter einem Winkel von 35 Graden, so kann der Spiegel um den Strahl willkührlich gedreht werden, wenn er nur immer dieselbe Neigung gegen den Strahl beibehält, ohne daß je wieder weißes Licht von ihm zurückgeworfen wird. Das reflectirte Licht wird nach der Ordnung, wie man den Spiegel wendet, von der rothen bis zur violetten alle Farben des Spectrum wieder geben, aber nie die weiße, so daß man also, um diese Versuche zu erklären, nicht bloß vier, sondern eigentlich unzählige Pole eines jeden einzelnen Lichtstrahls annehmen muß, und daß jede einzelne Seitenlinie des Strahlencylinders seine eigene Farbe, seine eigene Natur zu haben scheint. Durch dieses Verfahren kann man also zugleich das weiße Sonnenlicht, bloß mit Hülfe der Reflexion, ganz eben so gut in seine einfachen Farben zerlegen, wie man es, seit Newton, bisher nur mit Hülfe des Prisma gethan hat. Zwar sind die Farben, welche man auf diese Art erhält, weniger lebhaft, aber die Bilder der Gegenstände, welche man dadurch darstellen will, sind dafür auch in ihren Umrissen nicht mehr verzerrt, wie dieß bei dem Prisma der Fall ist.

§. 17. (Interferenz des Lichtes.) Noch interessanter und wunderbarer zugleich sind diejenigen erst seit Kurzem bekannten Erscheinungen des Lichtes, die man unter der Benennung der Interferenz desselben zu bezeichnen pflegt. — Wenn man durch eine kleine runde Oeffnung Lichtstrahlen in ein verfinstertes Zimmer läßt, so bilden dieselben auf einer der Oeffnung gegenüber stehenden Wand bekanntlich einen runden

Digitized by Google

beleuchteten Kreis. Wenn man in diesen Lichtkegel, in irgend einer Distanz, zwischen der Oeffnung und der Wand einen opaken Körper, z. B. eine Kugel hält, so wird er seinen Schatten auf jenen beleuchteten Kreis der Wand werfen, und dieser Schatten wird, das ist hier das Wesentliche, von drei verschiedenfarbigen, fransigen Ringen umgeben seyn. Wenn man aber auch nur einen kleinen Theil des Randes dieser Kugel mit einem größeren, undurchsichtigen Schirm bedeckt, so verschwinden sofort diese gefärbten Ringe ganz und gar, obschon sie vorhin den Schatten in allen seinen Gränzen umgaben, und obschon noch immer bei weitem der größte Theil der Kugel von dem Lichte beschienen wird. Es scheint daraus nothwendig zu folgen, daß jene fransigen Ringe von demjenigen Lichte entstanden sind, das zu beiden Seiten der Kugel nahe bei derselben vorbei ging. Der berühmte englische Naturforscher Young, der dieses Phänomen zuerst beobachtete, war der Ansicht, daß die jene Kugel an zwei entgegenstehenden Seiten nahe vorbeigehenden Strahlen auf einander wirken, und dadurch jene farbigen Ringe hervorbringen. Er nannte diese Wirkung die Interferenz der Strahlen. Fresnel, dem wir überhaupt die meisten und schönsten Aufschlüsse in diesem interessanten Theile der Optik verdanken, zeigte, daß diese Interferenz eine Einwirkung der directen, von der kleinen Oeffnung unmittelbar kommenden Strahlen auf diejenigen sey, welche die Kugel sehr nahe vorbei gehen, und durch dieselbe gebogen oder inflectirt werden.

Wenn ein Sonnenstrahl in einem verfinsterten Zimmer auf eine Tafel, z. B. auf ein Blatt weißen Papiers fällt, so malt er sich auf demselben, wie bereits gesagt, als ein hellglänzender Punkt ab. Allein diesen hellen Punkt kann man auf eine sehr einfache Weise sofort zu einem ganz finstern machen, ohne übrigens weder den Lichtstrahl, noch das Papier zu berühren. Und worin soll dieser sonderbare Prozeß bestehen, durch den man in einem Augenblicke Tag und Nacht und umgekehrt verwandeln kann? — Die Auflösung dieses Räthsels wird den Lesern ohne Zweifel noch sonderbarer erscheinen, als das Räthsel selbst. — Man darf nur auf diesen hellen Punkt noch einen zweiten Sonnenstrahl leiten, der diesen Punkt ganz eben so, wie der erste bescheint, und der, wenn er allein da wäre, den Punkt eben so hell, wie der erste, gemacht haben würde. Beide zusammen aber machen ihn, nicht, wie man glauben sollte, noch heller, sondern sie machen ihn ganz dunkel und schwarz! — Also, wenn man, unter gewissen Verhältnissen nämlich, Licht zu Licht gießt, so wird es finster: die beiden Lichtstrahlen zerstören sich gegenseitig, sie heben sich auf. Und auch das ist eine Wirkung der Interferenz des Lichts. (M. s. Arago im Annuaire f. d. J. 1831.)

§. 18. (Erläuterung dieser Erscheinungen der Interferenz des Lichts.) Und welches sind diese Verhältnisse, die so wunderbare Folgen nach sich ziehen? — Die einfachsten von der Welt. Alles kömmt nur darauf an, daß die beiden Strahlen von demselben Punkte des leuchtenden Objects ausgehen, und daß die beiden kleinen Oeffnungen, durch welche die zwei Strahlen in das verfinsterte Zimmer gelangen, von dem Papier eine bestimmte und unter einander verschiedene Entfernung haben. Die Strahlen z. B., die von dem östlichen Rande der Sonne kommen, interferiren, d. h. zerstören sich nie durch die Strahlen des westlichen Randes und umgekehrt. Von all den unzähligen Strahlen, aus denen jeder einzelne Sonnenstrahl besteht, interferiren immer nur diejenigen, die gleiche Brechung, also auch gleiche Farbe haben, daher z. B. der rothe und der grüne Strahl sich nie gegenseitig aufheben. Aber auch die gleichartigen Strahlen, z. B. weiß und weiß, oder roth und roth,

Digitized by Google

interferiren nie, wenn der Punkt des Papiers, in welchem sie sich begegnen und schneiden, gleichweit von beiden Oeffnungen des Fensterladens entfernt ist, sondern in diesem Falle wird der leuchtende Punkt durch das Hinzukommen des zweiten Strahls in der That noch heller.

Aber nicht jede Differenz dieser beiden Entfernungen bringt eine Interferenz des Lichts hervor. Nehmen wir an, a sey die kleinste Differenz dieser Entfernungen, für welche der leuchtende Punkt durch beide Strahlen erhellt, also mit der Summe ihres Lichtes beleuchtet wird, so wird dieselbe stärkste Beleuchtung des Punktes auch dann noch stattfinden, wenn jene Differenz der Distanzen des Punktes von den beiden Oeffnungen a oder 3a oder 3a oder 4a u. s. ist. Dieß ist bereits sonderbar genug, höre ich meine Leser sagen. Sehr wohl, aber, was ihnen wohl noch mehr auffallen wird, wenn diese Differenz der Distanzen gerade mitten zwischen die jetzt aufgezählten fällt, so interferiren die beiden Strahlen, oder die Beleuchtung des Punktes ist dann die kleinste, oder vielmehr, der Punkt erhält ganz und gar keine Beleuchtung mehr und erscheint ganz schwarz. Der Punkt ist also am hellsten, wenn diese Differenz a, 2a, 3a, 4a, und er ist ganz dunkel, wenn diese Differenz $\frac{a}{2}$, $\frac{3a}{2}$, $\frac{5a}{2}$, $\frac{7a}{2}$ ist.

§. 19. (Erklärung der Interferenz des Lichts im Vibrationssysteme.) Es würde uns viel zu weit führen, wenn wir alle die Erscheinungen jener gefärbten Ringe, die den Schatten umgeben, oder die Farbenspiele der dünnen Platten, selbst die der Seifenblasen, hier näher angeben wollten, die sich durch diese Interferenz des Lichtes auf das schönste und überzeugendste darstellen lassen. Wir bemerken nur noch, daß sich die ganze Theorie der Interferenz viel besser und genügender durch die oben erwähnte Undulationslehre, als durch das Emanationssystem erklären läßt. Durch die Bewegung der Lichtelemente wird jenes äußerst feine durchsichtige und elastische den ganzen Weltenraum erfüllende Medium, welches wir der Kürze wegen den Aether nennen wollen, in eine wellenartige Bewegung gesetzt. Wenn diese Wellen bis zu unserem Sehorgan vordringen, so wird dasselbe dadurch auf eine ähnliche Weise afficirt, wie unser Ohr durch die Wellen der Luft. Und wie die Differenz der Töne in der größeren oder kleineren Anzahl der Luftschwingungen während einer Secunde besteht, eben so besteht auch die Differenz der Farben in den verschiedenen Geschwindigkeiten, mit welchen die Wellen des Aethers fortgepflanzt werden. Und wie endlich die kreisförmigen Wellen, die sich bei mehreren in ein ruhiges Wasser geworfenen Steinen um jeden derselben bilden, wenn sie sich auf der Oberfläche des Wassers begegnen, einander öfter aufheben, und die Ebene des Wasserspiegels nicht stören, und oft wieder, wenn sie sich in correspondirenden Richtungen treffen, sich gegenseitig zu einer doppelten Höhe erheben, so werden auch die Aetherwellen sich bald gegenseitig unterstützen, und das Licht ihrer Durchschnittspunkte erhöhen, bald wieder einander aufheben und alles Licht zerstören, d. h. sich interferiren.

Setzen wir nur noch hinzu, daß diese ganze Theorie der Interferenz nicht bloß ein Aggregat von vagen Hypothesen, sondern daß sie ein Resultat der strengsten Analyse ist, und daß sie sich daher jenes hohen Grades der Wahrheit erfreut, die jeder Theorie nur dann zu Theil wird, wenn sie, wie die Astronomie, eine rein mathematische Basis hat. Auch sind die Resultate dieser Berechnungen bereits durch zahllose Beobachtungen auf das vollkommenste bestätigt. Obschon es unmöglich ist, von solchen Berechnungen in einem Werke dieser Art eine nähere An-

Digitized by Google

zeige zu geben, und obschon es uns ohne große Umständlichkeit und selbst vielleicht ohne Unverständlichkeit nicht einmal erlaubt seyn möchte, auch nur die Art anzuzeigen, wie man zu den folgenden Zahlen gekommen ist, von welchen die einen durch ihre Kleinheit, und die andern durch ihre eben so gewaltige Größe an das Wunderbare, beinahe an das Unglaubliche gränzen, so hoffen wir doch, daß unsere Leser bereits so viel Vertrauen zu uns gewonnen haben, die Richtigkeit dieser Zahlen auf Treu und Glauben wenigstens so lange anzunehmen, bis sie sich in den Stand gesetzt haben, die Wahrheit derselben durch eigene Nachrechnung selbst zu prüfen, und dann, wie wir mit Gewißheit hinzusetzen können, sie auch vollkommen bestätiget zu finden.

Wir haben oben gesagt, daß der Durchschnittspunkt zweier Lichtstrahlen mit doppeltem Lichte leuchte, wenn die Differenz der Abstände dieses Punktes von den beiden Oeffnungen im Fensterladen a, 2a, 3a ist, und daß im Gegentheile dieser Durchschnittspunkt ganz finster und schwarz erscheint, wenn jene Differenz $\frac{a}{2}$, $\frac{3a}{2}$, $\frac{5a}{2}$ ist. Allein wie groß ist denn diese Zahl a selbst?

Sie ist für die farbigen Strahlen, aus denen jeder weiße Sonnenstrahl besteht, verschieden. Drückt man sie in englischen Zollen aus, von welchen jeder 0.9383 Pariser, oder 0.9642 Wiener Zolle enthält, so findet man diesen Werth von a bei den

rothen Strahlen	gleich	0.000026	engl.	Zolle,
orangen „	„	0.000024	„	„
gelben „	„	0.000023	„	„
grünen „	„	0.000021	„	„
blauen „	„	0.000020	„	„
indigo „	„	0.000018	„	„
violetten „	„	0.000017	„	„

Diese Größen sind also sämmtlich ungemein klein, und nur durch unsere stärksten Mikroskope noch merkbar. Sie drücken zugleich die Breiten der Aetherwellen aus, welche von den genannten sieben Farben erregt werden.

Dividirt man die Einheit durch diese Zahlen, so erhält man die Anzahl der Wellen, welche in der Breite eines Zolles enthalten sind. Diese Anzahl beträgt daher bei dem

rothen Lichte	38460	Wellen,
orangen „	41600	„
gelben „	44000	„
grünen „	47500	„
blauen „	51100	„
indigo „	54100	„
violetten „	57500	„

so daß also die von dem rothen Lichte erregten Wellen die breitesten, und die von dem violetten erzeugten die schmalsten unter allen sind.

Noch könnte man fragen, wie viele solcher Wellen bei jeder Farbe in einer bestimmten Zeit entstehen, oder mit welcher Geschwindigkeit sie auf einander folgen. — Auch darauf hat die mathematische Analyse bereits geantwortet, aber die hierher gehörenden Zahlen sind so groß, daß wir sie der Kürze wegen in ganzen Billionen angeben wollen. Nach jenen Berechnungen wird also während einer Secunde folgende Anzahl von Wellen erzeugt:

Digitized by Google

Von dem rothen Lichte	478	Billionen	
„ „ orangen	„ 506	„	
„ „ gelben	„ 535	„	
„ „ grünen	„ 577	„	
„ „ blauen	„ 622	„	
„ „ indigo	„ 658	„	
„ „ violetten	„ 700	„	

Demnach ist also die Geschwindigkeit der Wellenerzeugung bei den rothen oder den breitesten die kleinste, und bei den violetten oder den schmalsten die größte, wie dieß der Natur der Sache angemessen ist. Zugleich zeigt diese letzte Tafel, daß die Sensibilität unseres Auges in Beziehung auf die Farben in viel engere Gränzen eingeschlossen ist, als die unseres Ohres in Beziehung auf die Töne. Das Verhältniß der beiden äußersten Zahlen der letzten Tafel ist nur 700 zu 478 oder 1.46 zu 1, also noch beträchtlich kleiner, als das einer Octave, während wir doch mit unserem Gehöre noch mehrere Octaven umfassen. Welche Farben oder welche Empfindungen für höhere Gesichtsorgane anderer Geschöpfe mögen jenseits dieser beiden Gränzen liegen?

Wärme.

§. 20. (Wichtigkeit und wohlthätige Folgen der Wärme.) Man sieht schon aus den vorhergehenden kurzen Zusammenstellungen der vorzüglichsten Eigenschaften des Lichtes, wie wichtig die Lehre von den mannigfaltigen Erscheinungen desselben für Jeden seyn muß, der die ihn umgebende Natur von einer ihrer schönsten und interessantesten Seiten näher kennen lernen will. So groß aber auch das Geschenk seyn mag, welches wir dadurch der Sonne, dieser Quelle alles Lichtes verdanken, so scheint doch ihr zweites, mit jenem nahe verwandtes Geschenk, das der Wärme, für uns noch viel größer und wichtiger zu seyn. Aus dieser zweiten Quelle fließt nämlich eine unabsehbare Reihe von Wohlthaten, die nicht bloß, wie jene, unser Leben verschönern und unsere Genüsse erhöhen, sondern die unser Daseyn eigentlich erst möglich machen, da ohne sie die Existenz aller organischen Wesen ganz in Frage gestellt seyn würde. Da es uns aber zu weit von unserem Gegenstande abführen würde, die Eigenschaften der Wärme, auch nur in derjenigen Kürze, mit welcher wir jene des Lichtes betrachtet haben, aufzuzählen, so wird eine bloße gedrängte historische Anzeige derselben genügen, um diese Wohlthat, welche wir der Sonne verdanken, wenigstens einigermaßen nach ihrem wahren Werthe zu erkennen.

Die meisten organischen Wesen können, wenigstens einige Zeit durch, auch wohl ganz ohne Licht leben. Unzählige Operationen der Natur geben eben so gut und thätig in dem Lichte, als in der Abwesenheit desselben vor sich. Der Mangel desselben, wo er z. B. bei der Blindheit der Thiere als Krankheit eintritt, hindert die andern Functionen ihres Körpers keineswegs an ihrer Thätigkeit, und selbst die geistige Kraft des Menschen wird dadurch zuweilen sogar erhöht, wie wir bereits mehrere glänzende Beispiele von blinden Dichtern, wie Homer und Milton, und selbst von blinden Mathematikern, wie Saunderson und Euler, anführen könnten, bei welchen der Verlust ihres Augenlichtes den Verstand und die Einbildungskraft nur noch zu schärfen schien. Das Licht ist demnach gleichsam nur ein Gegenstand des Luxus der Natur, und wenigstens für viele Dinge und auf längere Zeit entbehrlich. Daher spendet es auch die Natur nicht mit unbegränzter Freigebigkeit aus,

Digitized by Google

sondern sie beobachtet dabei jene zurückhaltende Oeconomie, die sie sich bei allen den Gaben vorzuschreiben pflegt, die bloß das Vergnügen ihrer Geschöpfe, nicht aber die unentbehrlichen Bedürfnisse derselben zum Zwecke haben.

Die Wärme aber hat sie überall und für alle mit der freigebigsten Hand ausgetheilt. Dieses Geschenk findet sich zu allen Zeiten und an allen Orten. Jeder Körper, selbst der unorganische, selbst der luftförmige, enthält sie in reichlichem Maße. Die todte Masse des Wassers, der Erde, der Steine, und was wir sehen, was wir nur durch irgend einen unserer Sinne erkennen, ist damit angefüllt. Dem Einflusse der Wärme ist alle jene endlose Verschiedenheit der Gestalten zuzuschreiben, die über die Erde verbreitet sind. Unser Festland, unsere Meere und Flüsse, unsere Atmosphäre selbst könnten nicht einen Augenblick so bleiben, wie sie sind, wenn ihnen die Wärme entzogen würde, und alles würde, ohne sie, in eine rohe, starre, formlose Masse zusammen fallen. Die Luft, die uns umgibt, müßte, sobald ihr die Wärme entzogen würde, in eine dicke, harte Rinde zusammen schrumpfen, welche die Erde rings umschließen, und alle ihre Geschöpfe in ein einziges, großes, undurchdringliches Grab stürzen würde. Die Wärme ist die Mutter und die Amme aller organischen Wesen, und selbst die unorganischen entspringen nur aus ihrem Schooße. Jeder Körper der Natur, wie grob seine Masse, oder wie fein auch sein Gewebe seyn mag, verdankt seine Entstehung und seine Erhaltung nur der Wärme. Nehmt die Wärme weg aus der Natur, und sofort verschwindet auch alle Bewegung, alle Formgebung und alles Leben aus derselben, und das alte Chaos tritt wieder in seine Rechte ein.

§. 21. (Wärme, in Beziehung auf Kunst und Wissenschaft.) Auch unsere Künste und Manufacturen können sie so wenig, als die Natur selbst, entbehren. Welche Veränderungen wir auch mit den Körpern, wie sie uns die Natur gegeben hat, vornehmen mögen, sie bestehen alle nur in der Trennung oder Zusammenfügung ihrer Theile, und in einer unseren Zwecken gemäßen Verwandlung ihrer Gestalt. Wir schmelzen sie, um ihnen eine andere Gestalt zu geben; wir trennen die zusammengesetzten, um ihre uns nutzlosen oder schädlichen Theile zu entfernen, und wir verbinden die getrennten wieder, um sie auch dadurch unsern Absichten dienstbar zu machen. In allen diesen Operationen ist die Wärme das wichtigste, oft das einzige Instrument. Auf ihren Wink erweichen die härtesten Körper, das Gold wird Wachs, das Eisen Wasser, und die ganze Natur wird verändert, um unsern Bedürfnissen, um unserem Vergnügen, oft selbst um unseren Einfällen zu gehorchen.

Aber nicht bloß in unseren technischen, auch in unseren wissenschaftlichen Arbeiten spielt dieses Agens eine große und wichtige Rolle. Wer in einer hellen Nacht den gestirnten Himmel betrachtet, glaubt schon alles gesehen zu haben, wenn er die Größe und die gegenseitige Lage dieser Gestirne kennen gelernt hat. Der Astronom aber weiß, daß er diesen Himmel keineswegs so sieht, wie er in der That ist, daß er ihn vielmehr durch eine große täuschende Linse, durch eine Kugelschaale von Luft sieht, die alle Gegenstände gleich einem Hohlspiegel verzerrt, und keinen derselben an seinem wahren Orte erscheinen läßt. Er weiß, daß diese optischen Täuschungen mit der Entfernung der Gestirne von dem Horizonte, daß sie von Nacht zu Nacht, ja von Stunde zu Stunde wechseln, und daß dieser Wechsel bloß von der ebenfalls wechselnden Wärme der Atmosphäre kömmt. Selbst das Instrument, mit welchem er diese Veränderungen beobachtet, ist wieder ähnlichen Aenderungen

Digitized by Google

unterworfen, und wie die Temperatur seiner Umgegend anders wird, ziehen sich auch seine Theile zusammen oder auseinander. Ein einziger Sonnenstrahl, der auf sein Instrument fällt, ein einziger Hauch von einem kühlen Zugwinde, ja die den Beobachter selbst umgebende Atmosphäre seines eigenen Körpers ist schon im Stande, den metallenen Bogen seines Kreises zu verziehen und Aenderungen hervorzubringen, die man lange genug an dem Himmel gesucht hat, während sie ihre wahre Ursache in dem Instrumente oder in dem Beobachter selbst hatten. Unsere solidesten Gebäude aus den alten Zeiten, die sprüchwörtlich als Symbole einer unwandelbaren Festigkeit gelten, werden täglich, ja stündlich von der Wärme in immerwährende Bewegung gesetzt. Seit den Versuchen, die man mit den höchst empfindlichen Libellen Reichenbachs an der Sternwarte Brera zu Mailand angestellt hat, ist es bekannt, daß jeder Thurm und jedes Haus, wenn es auf seiner Ost- oder Westseite von der Sonne beschienen wird, gleich einem Pendel hin und wieder geht, ohne auch nur zwei Augenblicke dieselbe Lage beizubehalten.

Aber welche noch viel größere Rolle ist dieser unsichtbaren Macht in unserer Chemie angewiesen worden! Unauflöslich scheinende Körper trennt sie in ihre Elemente; die heterogensten Massen schmilzt sie zu einem gemeinsamen, einförmigen Körper; sie weckt seit Jahrtausenden schlafende Affinitäten aus ihrem Schlummer zu neuer Thätigkeit, und sie zerreißt selbst die Bande der chemischen Attraction, die jeder andern uns bekannten Kraft spottend widerstehen. Durch Bindung und Freiwerden der Wärme entstehen alle unsere Compositionen und Decompositionen der natürlichen Körper, und diese zwei Prozesse sind es, durch die wir mit der einen Hand fürchterliche Detonationen mit einer alles schnell verzehrenden Hitze, und mit der andern eine Kälte erzeugen können, gegen welche die unserer Pole noch Wärme heißen kann. (Lardner, on Heat. Lond. 1833.)

§. 22. (Wärme in Beziehung auf das gemeine Leben.) Aber wozu erst Sternwarten oder Laboratorien aufsuchen, um Beispiele für die Thätigkeit einer Kraft zu finden, die uns überall und zu allen Seiten in der Nähe umgibt. Im Schlafe und im Wachen, zu Hause oder auf dem Felde, bei Tag und Nacht, in der heißen und in der kalten Zone — überall ist sie, überall wirkt sie, und überall sind wir ihre Sklaven zugleich und ihre Meister.

Wir sind ihre Sklaven. — Denn ohne sie vermögen wir nicht einen Augenblick zu leben, und ohne ein genau bestimmtes Maß derselben können wir dieses Leben eben so wenig in Frieden genießen. Sie herrscht gebieterisch über unsere Freuden und über unsere Leiden. Sie legt uns auf das Siechenbette hin, und hilft uns wieder von demselben auf. Sie ist unsere Krankheit und unser Arzt zugleich. In der brennenden Hitze des Sommers lechzen wir unter ihrem Drucke, und in der starren Kälte des Winters schauern wir ob ihrem Mangel. Wenn sie sich in unserem eigenen Körper anhäuft, so vertrocknet unsere Zunge, und wir brennen im Fieber, — und wenn sie uns zu schnell verläßt, so ächzen wir unter Erkühlungen, unter Rheumatismen und allen den zahllosen Leiden, die mit dem Gefolge dieser beiden Anführer aufzutreten pflegen.

Wir sind aber auch ihre Meister. — Denn wir zwingen sie, unserem Willen zu gehorchen und unsere Zwecke zu befördern. Mitten unter den Schnee- und Eis-Bergen der Pole muß sie mit uns in unserer Stube wohnen, und selbst außer derselben darf sie, in undurchdringliche Kleider eingeschlossen, unsere Körper nicht verlassen. Ja dieselben Kleider brauchen wir auch in der heißen Zone, um ihren Andrang von uns abzu-

Digitized by Google

halten. Wir entfernen sie aus dem Wasser, um uns während der heißen Jahreszeit mit Eis zu kühlen; und wir bringen sie wieder in größerem Maße in das Wasser zurück, um im Winter (durch in Röhren geleitetes heißes Wasser) unsere Wohnungen zu erwärmen. Auf unseren Reisen zur See ist sie es, die unserem Schiffe (dem Dampfschiffe) Flügel gibt, und dadurch den Winden und den Wogen trotzt. Auf unseren Landfahrten aber spannen wir sie statt der Pferde vor unsere (Dampf-) Wägen, und eilen damit dem schnellsten Vogel und selbst den Furien der Stürme vor *).

Wenn wir schlafen, so ist unser Zimmer und unser Bett mit den Mitteln versehen, die Wärme in ihrem gehörigen Zustande zu erhalten. Wenn wir zu Tische sitzen, so ist wieder sie es, die unseren Speisen ihre Genießbarkeit, ihren Nutzen und ihre Würze gibt. Sie bereitet unsere Gerichte in der Küche, wie sie die Früchte in unseren Gärten kocht und zur Reife bringt. Die angenehmen Säfte, die das Blatt des Theebaums, oder die Beere der Kaffeestaude, oder die Cacaobohne in sich schließt, würden uns immer verborgen geblieben seyn, wenn sie uns die Wärme nicht aufgeschlossen hätte, und selbst die Bereitung aller anderen künstlichen Getränke, die uns erquicken und erwärmen, und die unsere durch Arbeit und Anstrengung ermatteten Glieder stärken, würden uns noch ein Geheimniß seyn, wenn wir, gleich dem blödsinnigen Feuerlän-

*) Zur Vergleichung verschiedener Geschwindigkeiten mögen folgende Angaben dienen.

	Deutsche Meilen in einer Stunde.	Par. Fuß in einer Secunde.
Gang der Schnecke, im Mittel	0.0008	0.005
Geschwindigkeit der Flüsse, mittlere	0.56	3.5
Flug der Stubenfliege	0.80	5.0
Rascher Fußgänger	1.0	6
Wind, mittlere Geschwindigkeit	1.6	10
Zugpferde, ohne große Last. Mittel	2.0	127
Schnellsegelnde Schiffe	3.5	22
Geübter Schlittschuhläufer	5.8	36
Englische Rennpferde. Mittel	6.6	41
Heftige Stürme	9.0	56
Windhunde im schnellen Laufe	12.0	78
Adler	15.0	95
Der Schall	163	1020
Aequator der Erde in seiner tägl. Bewegung	229	1431
Flintenkugel, höchstens	240	1500
24pfünd. Kanonenkugel	250	1586
Mittelpunkt der Erde in seiner jährl. Bewegung	14800	93910
Das Licht	151Mill.	957Mill.

Digitized by Google

der, mit der Erhaltung und Anwendung der Wärme auf die Körper der Natur noch unbekannt wären.

§. 23. (Verbindung des Lichts mit der Wärme.) Selbst das Licht, jene an sich so köstliche Gabe des Himmels, wie oft würden wir uns vergebens darnach sehnen, wenn dieselbe allgütige Hand, die uns dasselbe gegeben, jenes andere noch köstlichere Geschenk zurückgehalten hätte. Wenn die Sonne ihr Antlitz von uns wendet, und die Erde in Finsterniß einhüllt, wenn sie, wie in den Polargegenden, sechs volle Monate nicht wiederkehrt — dann ist es die Wärme, die unsere Luft in Flammen setzt *); dann zünden wir, mit ihrer Hülfe, unsere Kerzen, unsere Lampen an, und schaffen uns künstliche Tage mitten in der tiefsten Nacht; dann lassen wir unsere Sonnen leuchten zu unseren Geschäften, zu unseren geselligen Vergnügungen, und vermehren so die Summe der Genüsse und die Länge unseres Lebens durch nützlich oder angenehm verbrachte Stunden, die wir, ohne jenes Geschenk, in dumpfer Unthätigkeit verloren oder im trägen Schlafe verträumt hätten.

§. 24. (Oberfläche oder Photosphäre der Sonne.) Indem wir nun, nach dieser Digression über die zwei wichtigsten Geschenke, welche wir der Sonne verdanken, wieder zu unserem Gegenstande, zu der physischen Beschaffenheit dieses Centralkörpers selbst zurückkehren, müssen wir uns vorerst auf das Wenige beschränken, was wir von der Oberfläche desselben durch Hülfe unserer Fernröhre kennen gelernt haben. — Diese Oberfläche scheint ein ungeheueres, den eigentlichen Körper der Sonne umgebendes Lichtmeer zu seyn. Diese Photosphäre der Sonne ist, wie die Beobachtungen zeigen, in immerwährender heftiger Bewegung, und in ihr gehen Revolutionen vor, mit welchen die unserer Stürme und Ungewitter nicht weiter verglichen werden können. Man sieht auf diesem Feuermeere öfter sehr große, schwarze Flecken entstehen, und nach wenig Tagen oder Wochen wieder verschwinden, Flecken, die unsere Erde im Durchmesser vier-, fünf- und mehrmal übertreffen. In der Nähe dieser schwarzen Flecken bemerkt man im Gegentheile häufig andere große Stellen der Sonne, die sich durch ihr stärkeres, helleres Licht auszeichnen, und daher Sonnenfackeln genannt werden. Aber auch der übrige Theil der Sonne, der weder Flecken noch Fackeln zeigt, ist beinahe nirgends gleich Licht, sondern durchaus mit kleinen Schuppen oder Punkten besäet, die ihren Ort immer ändern, wie man leicht bemerkt, wenn man die Sonne mit sehr guten Fernröhren beobachtet. Dadurch gewinnt die Oberfläche der Sonne das Ansehen des Bodensatzes einer flockigen Substanz, die in einer durchsichtigen Flüssigkeit aufgelöst ist. Das Ganze leitet auf die Vermuthung, daß die Oberfläche dieses Körpers aus einem Lichtmedium besteht, mit welchem eine, wohl durchsichtige, aber an sich selbst nicht leuchtende Flüssigkeit vermischt, jedoch nicht völlig durchdrungen ist, wo dann diese Flüssigkeit in dem Lichtmeere schwimmt, wie unsere Wolken in der Luft, oder wo sie dieses Lichtmeer in mächtigen Streifen durchzieht, wie das Nordlicht unsere Atmosphäre.

§. 25. (Ist die Oberfläche der Sonne ein Feuer?) Wenn aber diese Photosphäre der Sonne in der That ein Feuer seyn soll, wie so oft behauptet worden ist, so ist es gewiß von unserem irdischen Feuer sehr verschieden. Wie ließe sich sonst das Eis auf den höchsten Gipfeln unserer

*) Bekanntlich sind unsere Flammen nichts als brennende Luft, als Theile unserer Atmosphäre, die durch die Hitze weißglühend gemacht werden.

Digitized by Google

Berge, selbst in den Tropenländern, erklären? Oder wie sollte unser Feuer, auch in noch so großen Massen angehäuft, in einer Entfernung von mehr als zwanzig Millionen Meilen noch Kraft genug besitzen, die Haut des Negers schwarz zu färben, und den Saft des Zuckerrohrs zu sieden? — Es ist sehr wahrscheinlich, daß Licht und Wärme, wenn wir sie gleich sehr oft beisammen finden, doch wesentlich zwei sehr verschiedene Dinge sind. Auch ist es bekannt, daß alle Körper unserer Erde eine eigenthümliche Wärme enthalten, die durch verschiedene Mittel aus ihnen hervorgezogen oder entbunden werden kann. Ein solches ist z. B. die Reibung. Wir erwärmen unsere Hände, wenn wir sie gegen einander reiben, und mehrere wilde Völkerschaften verschaffen sich ihr Feuer bloß durch die Reibung zweier trockenen Holzstücke. Seile und Schnüre an unseren Maschinen entzünden sich zuweilen durch heftige Reibung, so wie die Achsen unserer Räder durch schnelles Fahren. Unsere Bohrer, besonders die zum Durchlöchern der Steine und Metalle bestimmten, werden durch anhaltende Reibung oft bis zum Glühen heiß, und müssen darum durch stets zufließendes Wasser immerwährend abgekühlt werden.

Hieher gehört auch zum Theil das Erhitzen der Körper durch schnell wiederholte, starke Schläge. Ein Stück Metall wird, wenn es auf den Amboß gelegt und eine Zeit durch kalt geschmiedet wird, oft bis zum Glühen erhitzt. Unser gewöhnliches Feueranschlagen durch Stahl und Stein ist eine ähnliche Erwärmung durch Reibung, die durch das Zusammenschlagen beider Körper verursacht wird, wo dann kleine Stückchen Stahl durch den Stein abgeschlagen, und in der Luft geschmolzen werden. Ein anderes Mittel, die Körper zu erwärmen, oder eigentlich die in ihnen latente Wärme zu entwickeln, ist das Zusammenpressen derselben in einen kleinen Raum. Unsere Luftfeuerzeuge, die Mollet erfunden hat, geben davon ein allgemein bekanntes Beispiel. Wenn der Stempel in den Röhrchen dieser Maschinen die unter ihm befindliche atmosphärische Luft, durch das Herabdrücken desselben, auf einen zwölfmal kleineren Raum verdichtet, so entsteht dadurch schon eine Wärme von 123 Grad R., die hinlänglich ist, Zunder in Brand zu setzen, und selbst leichtflüssige Metallgemische zu schmelzen.

Eben so kann man durch chemische Einwirkung der Körper auf einander oft eine sehr große Hitze erzeugen. Wasser auf ungelöschten Kalk gegossen, erhitzt bis zum Kochen. Vitriolöhl oder Scheidewasser auf Eisenfeile gegossen, und noch mehr eine Mischung von Terpentinöhl mit Scheidewasser, worauf Vitriolöhl gegossen wird, gibt eine sehr hohe Temperatur, und selbst eine sehr heftige Flamme, die schon manchem unvorsichtigen Experimentator gefährlich geworden ist.

Aber das stärkste bekannte Entbindungsmittel der Wärme ist immer das Sonnenlicht, besonders wenn es senkrecht auf die Oberfläche der Körper wirkt, und wenn die letzten demselben eine längere Zeit durch ausgesetzt bleiben. In den Tropenländern ist es nur deßhalb so heiß, weil die Sonne zur Zeit des Mittags immer nahe in dem Zenithe dieser Länder steht, so wie es selbst näher bei den Polen wenigstens einige Wochen durch oft noch heißer ist, weil dann die Tage für diese Gegenden so lang sind. Wenn die Strahlen der Sonne in unsern Brenngläsern oder in Hohlspiegeln gesammelt werden, so erzeugen sie eine so große Hitze, daß die diesen Strahlen ausgesetzten Körper oft schon in wenig Augenblicken verbrennen oder sich verglasen, obschon sie sonst, wie z. B. unser Diamant, dem größten gewöhnlichen Feuer unbeschadet ausgesetzt werden können.

Es ist übrigens sehr möglich, daß die Strahlen der Sonne an sich

Digitized by Google

selbst ganz kalt sind, daß sie aber die Eigenschaft haben, den Wärmestoff aus den Körpern in hohem Grade zu entwickeln, was vielleicht durch die große Geschwindigkeit bewirkt wird, mit welcher diese Strahlen an die Elemente der Körper stoßen, und dadurch entweder diese Elemente augenblicklich in einen kleineren Raum zusammendrücken, oder doch eine heftige Reibung an denselben verursachen. So kann es seyn, daß der entfernteste unserer Planeten, daß Uranus sich noch einer sehr hohen Temperatur erfreut, wenn die Körper seiner Oberfläche die Eigenschaft haben, die ihnen inwohnende Wärme schon durch wenige Sonnenstrahlen frei zu machen. Auch ist es nicht unwahrscheinlich, daß wir die Wirkungen des Lichtes auf die Körper besser kennen lernen werden, wenn wir unsere Aufmerksamkeit nicht immer bloß auf die Attraction, sondern einmal auch auf die chemischen Verwandtschaften der Körper zu dem Lichte anhaltend richten werden.

§. 26. (Temperatur auf der Oberfläche der Sonne.) Indeß scheinen doch mehrere Gründe dafür zu sprechen, daß die Temperatur auf der Oberfläche der Sonne selbst ungemein groß seyn müsse.

I. Das Licht sowohl als die radiirende Wärme nimmt, unseren Beobachtungen zufolge, in demselben Maße ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, so daß sie z. B. in der Entfernung von 2, 3, 4.. Meilen nur mehr $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$.. von dem ist, was es in der Entfernung von einer Meile beträgt. Wenn nun die durch die Sonnenstrahlen auf unserer Erde erregte Hitze so bedeutend ist, wie stark muß sie auf der Oberfläche der Sonne selbst auf für sie gleich empfängliche Körper wirken! Man kann durch Rechnung zeigen, daß die Hitze, welche die Sonne z. B. auf eine Quadratmeile ihrer eigenen Oberfläche ausübt, über 300000 mal größer ist, als diejenige, welche sie auf eine eben so große Stelle der Oberfläche unserer Erde äußert. Unsere Brenngläser sind weit entfernt, eine so große Hitze zu erzeugen, oder die Strahlen der Sonne 300000 mal zu verdichten, und doch kann man in den Brennpunkten dieser Gläser Gold, Platina und selbst Diamanten schmelzen und zerstören.

II. Unsere künstlichen oder irdischen Feuer senden bekanntlich ihre Strahlen desto leichter durch das Glas, je größer, je intensiver diese Feuer sind. Ein zweimal so starkes Feuer schickt auch zweimal so viele Strahlen durch dasselbe Glas. Nun gehen aber die Strahlen der Sonne mit einer ganz besonderen Leichtigkeit durch das Glas. Mit dem sogenannten Actinometer, einem unserer verlässigsten physischen Instrumente, fand der jüngere Herschel, daß von je 1000 Wärmestrahlen der Sonne 816 durch eine Glasplatte von $1^1/_2$ Linie Dicke gehen, und daß von 1000 bereits durch eine solche Platte gegangenen Strahlen wieder 860 noch stark genug sind, durch eine zweite, eben so dicke Glasplatte zu gehen. Unsere irdischen Feuer sind sämmtlich weit entfernt, solche Leichtigkeit des Durchgangs zu zeigen, sie stehen daher auch wahrscheinlich dem Feuer der Sonne an Intensität eben so weit nach.

III. Wenn man eine Lichtkerze, eine brennende Fackel, ja selbst das lebhafteste irdische Feuer zwischen das Auge und die Sonne hält, so verschwinden sie gleichsam für unsern Blick, weil sie von dem viel intensiveren Sonnenlichte absorbirt werden. Das Licht des sogenannten indischen Weißfeuers oder das des ungelöschten Kalkes blendet unsere Augen und gehört zu dem lebhaftesten Feuer, das wir hervorbringen können, und doch bemerken wir es kaum auf dem noch viel hellern Hintergrunde der Sonne.

§. 27. (Resultate der vorhergehenden Betrachtungen.) Es ist also

Digitized by Google

möglich, daß der eigentliche Sonnenkörper, so dunkel er auch in den oben erwähnten schwarzen Flecken aussehen mag, in einem Zustande der heftigsten Conflagration sich befindet. Doch sind dieß nur Vermuthungen, und es ist wohl eben so möglich, daß die Sonnenstrahlen ganz und gar keine eigene Wärme haben, sondern nur die in andern Körpern gebundene Wärme entwickeln, oder auch, daß der eigentliche Kern der Sonne zunächst an seiner Oberfläche mit einer das Licht vollkommen reflectirenden Decke überzogen sey, wodurch er denn von der Irradiation des obern Lichtmeeres völlig geschützt werden, und in dem Zustande einer sehr niedern Temperatur sich befinden könnte. Wenn die Dichtigkeit der Sonnenmasse mit ihrer Entfernung von dem Mittelpunkte sehr schnell abnimmt, oder wenn dieß auch nur von ihrer Atmosphäre Statt hat, so würde ebenfalls keine oder doch nur wenig Hitze abwärts geleitet werden. Vielleicht ist jene graue Wolkenschichte, mit welcher die schwarzen Flecken der Sonne immer umgeben sind, eine solche vollkommen spiegelnde Fläche. Wenn aber auf der Oberfläche dieses Himmelskörpers in der That immer so viel Hitze durch Radiation ausgeschieden wird, so würde dadurch allein schon der Zustand der heftigen Agitation zu erklären seyn, welche die Oberfläche der Sonne immerwährend, wie ein vom Sturme gepeitschtes Meer, bewegt, ohne daß man deßwegen, wie Andere gethan haben, zu chemischen Kräften seine Zuflucht zu nehmen braucht.

§. 28. (Erhaltung dieses Zustandes der Sonne.) Wodurch erhält sich aber diese immerwährende Verbrennung, wenn sie anders in der That Statt hat, auf der Oberfläche der Sonne? — Wir wissen es nicht, und es ist hier, wie in so vielen anderen Fällen, am besten, seine Unkenntniß der Sache offen zu gestehen. Wird diese nie aufhörende Entwicklung von Licht und Wärme durch eine stete Reibung oder durch immer dauernde electrische Entladungen bewirkt? — Wie man immer diese Erscheinungen zu erklären versucht, so sollte man doch die etwas zu krasse Vorstellung eines eigentlichen ponderablen Futters zu vermeiden suchen, durch welches das Sonnenfeuer unterhalten werden soll, da wir selbst auf der Erde viele Feuer ohne diese Nahrung kennen. Unser Küchenfeuer mag immerhin ausgehen, wenn nicht immer frisches Holz zugelegt wird. Auf diese Art läßt Newton der Sonne durch die in sie stürzenden Kometen von Zeit zu Zeit neue Nahrung zuführen. Allein wie viele Mittel mag die Natur besitzen, Licht und Wärme auch ohne solche äußere Hilfe zu entwickeln und selbst sehr lange zu erhalten. Es ist bekannt, daß die Electricität, wenn sie eine sehr verdünnte Luft durchzieht, Licht, also wohl auch Wärme giebt. Warum sollte nicht ein solcher electrischer Strom auch die Sonne umgeben? Warum sollte unser Nordlicht nicht vielleicht etwas Aehnliches für unsere Erde seyn können?

§. 29. (Abnahme des Sonnendurchmessers.) Wer bürgt uns übrigens dafür, daß die Größe der Sonne durch ihr immerwährendes Ausscheiden der Lichtmaterie in der That in steter Abnahme begriffen ist? Wir haben diese Abnahme allerdings noch nicht beobachtet, allein wie lange ist es denn, daß wir den Durchmesser der Sonne so genau kennen? — Seit der Erfindung der Fernröhre, oder eigentlich, seit der Anbringung der Mikrometer an diese Fernröhre, d. h. seit dem Jahre 1640, von welcher Epoche sich alle unsere bessern Beobachtungen datiren. Ja selbst jetzt noch kennen wir diesen Durchmesser der Sonne nicht bis auf eine Secunde, d. h. wir sind in dem wahren Werthe desselben wenigstens noch auf 100 deutsche Meilen ungewiß. Wenn daher der wahre Durchmesser seit den letzten zwei Jahrhunderten auch um 2280000 Fuß

Digitized by Google

abgenommen hätte, so würden wir jetzt den scheinbaren Durchmesser nur um eine Secunde, d. h. um eine Größe kleiner sehen, über die unsere besten Beobachter noch ganz im Zweifel sind. Ja wenn der wahre Durchmesser der Sonne selbst täglich um einen Fuß kleiner würde, so würde dieß in dem scheinbaren Durchmesser erst nach 12000 Jahren eine Verminderung von zwei Secunden erzeugen. Demungeachtet kann man nicht läugnen, daß diese Abnahme, so klein sie auch an sich selbst seyn mag, in der Folge von vielen Jahrtausenden endlich beträchtlich werden muß, selbst wenn man annimmt, daß die einzelnen Elemente eines jeden Sonnenstrahls vielleicht durch Tausende von Meilen von einander getrennt seyn mögen. Das Sonnenlicht ist über 300000 mal stärker, als das des Vollmondes, und nahe 800 Millionenmal so stark, als das des Sirius. Auch scheidet die mit ihrem Lichte wenigstens scheinbar sehr verschwenderische Sonne viel mehr Licht aus, als zur bloßen Beleuchtung und Erwärmung der Planeten nöthig ist, so daß man versucht wird, zu glauben, daß diese Erleuchtung wenigstens nicht der einzige Zweck dieses Lichtes seyn kann, ebenso wie die Erleuchtung der Erde zur Nachtzeit gewiß nicht der Zweck des Mondes ist, was wir an einem andern Orte gezeigt haben. Auf der Peripherie der Erdbahn würden über 70000 Erden, jede der unseren an Größe gleich, Raum haben, und alle von der Sonne gleich stark erleuchtet und erwärmt werden können, während diese Wohlthat jetzt nur dieser einzigen Erde zu gut kömmt. — Allein selbst bei dieser anscheinenden Verschwendung, die ohne Zweifel nur in unserer Unkenntniß des Gegenstandes gegründet ist, wird es der Natur nicht an Wegen fehlen, auf welchen sie diesen Verlust des Lichtes, wenn es überhaupt noch ein Verlust ist, wieder ersetzen kann: das Zurückwerfen des erhaltenen Sonnenlichts von den Planeten, das eigene Licht der unzähligen Fixsterne, die Annäherung der Kometen, von denen viele nur aus Lichtstoff gewebt zu seyn scheinen u. dgl., so daß unter allen diesen Körpern des Himmels nicht sowohl der Gewinn und Verlust des Einzelnen, als vielmehr nur der gegenseitige Austausch des Lichtes in Betrachtung kommen soll. Endlich, wenn das Licht nicht in der Emanation eines eigentlichen Körpers, sondern nur in der Vibration eines die Sonne umgebenden Mediums bestehen sollte, so fällt ohnedieß jede Abnahme der Sonne durch Ausscheidung ihrer Lichtmasse von selbst weg.

§. 30. (Beschreibung der Sonnenflecken.) Nach diesen allgemeinen Betrachtungen wollen wir nun zu einer nähern Beschreibung der bereits oben erwähnten Sonnenflecken übergehen.

Wenn man die Oberfläche der Sonne durch ein Fernrohr betrachtet, das zur Schützung des Auges mit einem gefärbten Planglase versehen ist, so bemerkt man auf ihr, wie bereits gesagt, häufig größere oder kleinere, meistens sehr unregelmäßige dunkelschwarze Flecken, mit einem aschfarbenen, gewöhnlich überall gleich breiten Rande eingefaßt. Diese Flecken verändern meistens ihre Gestalt und selbst zuweilen ihren Ort auf der Sonne. Wenn man sie von Stunde zu Stunde verfolgt, so sieht man sie an Umfang wachsen oder kleiner werden, verschiedene Gestalten annehmen, aus einander brechen und gleichsam zerreißen und wieder zusammen fließen und oft selbst gänzlich verschwinden. In dem letzten Falle, wenn der Flecken sich unserem Auge völlig entzieht, wird immer zuerst der schwarze Centralpunkt allmählig kleiner und verschwindet lange vor dem aschgrauen Rande. Der ganze Anblick dieser Flecken scheint auf einen flüssigen Zustand der Oberfläche der Sonne und auf sehr heftige Bewegungen zu deuten, die auf ihr vorgehen.

Diejenigen unter ihnen, welche längere Zeit ohne beträchtliche Ver-

Digitized by Google

änderungen ihrer Form dauern, — man sieht zuweilen solche, die man nach vier und sechs Wochen wieder deutlich als dieselben erkennen kann — zeigen im Allgemeinen folgende Erscheinungen. Man sieht die eigentlichen schwarzen Flecken in einer meistens länglichen Gestalt an den linken oder östlichen Rand der Sonne eintreten und sich von da langsam gegen den westlichen Rand bewegen, den sie gewöhnlich am dreizehnten Tage nach ihrer ersten Erscheinung erreichen, und dann eben so lange unsichtbar werden, bis sie am Ende dieser Periode wieder an der frühern Stelle des östlichen Randes hervortreten. Je näher sie dem Mittelpunkte der Sonne kommen, desto breiter scheinen sie zu werden, während sie an den beiden Rändern der Sonne sehr schmal sind.

§. 31. (Was diese Sonnenflecken seyn mögen?) Da sie sich alle mit nahe derselben Geschwindigkeit von Ost gen West auf der Sonnenscheibe bewegen, so können sie nicht solche Körper seyn, wie unsere Wolken, die von den Winden nach allen Seiten und mit verschiedener Geschwindigkeit bewegt werden. Sie können auch keine eigenen Himmelskörper seyn, die die Sonne umkreisen, wie etwa der Mond die Erde, weil sie am Rande der Sonne immer schmäler, als in dem Mittelpunkte derselben erscheinen. Sie müssen also der Oberfläche der Sonne selbst angehören und in derselben sich aufhalten, und die bemerkte Bewegung derselben von Ost gen West kann nur von einer Bewegung der Sonne selbst kommen, die auf der uns abgewendeten Seite von West gen Ost vor sich geht und die daher diese Körper auf ihrem Wege um den Mittelpunkt der Sonne mit sich führt.

§. 32. (Größe der Sonnenflecken.) Diese Flecken sind zuweilen ungemein groß. Es ist schon oben gesagt worden, daß auf der Oberfläche der Sonne eine gerade auf unsern Gesichtsstrahl senkrechte Linie von hundert deutschen Meilen in der Länge, uns unter dem Winkel von einer Secunde erscheint. Ein Kreis von diesem Durchmesser auf der Oberfläche der Sonne würde also 31410 deutsche Quadratmeilen enthalten. Tobias Mayer sah am 15ten März 1758 einen solchen Flecken, der nach seinen Beobachtungen den zwanzigsten Theil des Sonnendurchmessers, also 90 Secunden betrug. Der wahre Durchmesser desselben hatte also 9000 deutsche Meilen, war demnach fünfmal größer als der Durchmesser unserer Erde. Der ältere Herschel sah im Jahre 1779 einen schon mit bloßen Augen bemerkbaren Flecken, von dem das größere Stück, denn er bestand aus mehreren hart an einander liegenden Theilen, 70 Secunden, und das Ganze 270 Secunden im Durchmesser betrug. Der wahre Durchmesser dieses Fleckens hatte also 27000 deutsche Meilen, oder er war 15mal größer, als der Durchmesser der Erde, und seine Oberfläche betrug über 730 Millionen Quadratmeilen. Wenn ein solcher Flecken in der Zeit von drei Wochen verschwinden soll, so müssen die Ränder desselben täglich einen Weg von 1400, und in jeder Stunde einen Weg von 58 Meilen zurücklegen, also die Geschwindigkeit unserer heftigsten Stürme mehr als sechsmal übertreffen. Man sieht schon daraus, welche Revolutionen auf der Oberfläche der Sonne vorgehen mögen. Es scheint aber, daß diese Flecken zuweilen noch viel größer sind, als die erwähnten. So erzählt Albufaradge in seiner Historia Dynast., daß i. J. 535 das Licht der Sonne durch 14 Tage verdunkelt war und daß i. J. 626 die Hälfte der Sonnenscheibe durch längere Zeit ganz schwarz erschien u. dgl.

Bemerken wir noch, daß man die oben erwähnten Fackeln, oder die hellstreifigen Stellen der Sonne immer nur in der Nähe der Flecken sieht, und daß oft mitten aus diesen Fackeln sehr dunkle Flecken hervor-

Digitized by Google

brechen, so wie im Gegentheile wieder an denselben Stellen, auf welcher frühere Flecken verschwunden sind, häufig Fackeln zu erscheinen pflegen.

§. 33. (Hypothesen über die Sonnenflecken.) Allein was sind diese Flecken? — Die Meinungen der Astronomen waren lange darüber getheilt. Zuerst glaubte man, daß es opake Auswürfe, gleichsam Schlacken oder Sonnenvulkane wären. Andere, wie Scheiner, hielten sie für dunkle Planeten oder Satelliten der Sonne, die sich, wie Merkur und Venus, nur in geringeren Entfernungen um die Sonne bewegen. Man wollte daher diesen Planeten auch besondere Namen geben. So nannte sie der Astronom Tarde die lunas Borbonicas, und Maupertuis die sidera austriaca, weil sie Scheiner, ein österreichischer Jesuit, entdeckt haben sollte. Galilei, dem vorzüglich ihre Veränderlichkeit auffiel, hielt sie für Wolken, die in der Sonnenatmosphäre schwimmen. Andere endlich waren der Ansicht, daß das die Sonne bedeckende Lichtmeer eine Art von Ebbe und Fluth unterworfen sey, durch welche zuweilen die unteren Gegenden, Theile jenes Meerbodens, oder auch früher bedeckte Berge, bloß gelegt werden. Man sieht, daß diese Meinungen keiner umständlichen Widerlegung bedürfen.

Die letzte Ansicht besonders schien demungeachtet selbst Lalande sehr annehmbar, obschon er einige Modificationen an dieselbe angebracht hatte. Er hält diese Flecken für Bergspitzen, die über die Lichtsphäre der Sonne sich zu erheben scheinen, wenn die letzte sich zuweilen gegen den Mittelpunkt herabzieht. Die oben erwähnte graue Einfassung erklärt er dadurch, daß dieses Lichtmeer, wo es den Berg berührt, in größeren Entfernungen von dem Gipfel, allmählig tiefer wird, und immer weniger von dem an sich dunkeln Berge durchschimmern läßt. Allein dagegen spricht die ganz gleichförmige Schattirung des oft sehr breiten Randes, die doch, wenn jene Erklärung richtig wäre, nur allmählig lichter werden müßte, so wie auch die scharfe Begränzung der beiden Seiten dieser Ränder.

Der ältere Herschel suchte diese Erscheinungen durch eine dreifache Kugelschale zu erklären, die den ebenfalls kugelförmigen, aber an sich dunklen Körper der Sonne umgeben soll. Nach seiner Darstellung (Philos. Transact. 1801) besteht die erste oder äußerste sphärische Umgebung der Sonne aus einem Lichtmeer (Photosphäre), welche durch eine zweite, unter ihr liegende, äußerst elastische und transparente Umgebung immer in einer großen Höhe über der Sonne erhalten wird. Unter dieser zweiten liegt endlich eine wolkenartige, dunkle Schichte. Durch die Revolutionen, welche auf der obersten Lichtsphäre vor sich gehen, und die sich auch den beiden andern, tiefer liegenden Einhüllungen der Sonne mittheilen, durch die heftigen Schwankungen, denen dieses Lichtmeer ausgesetzt ist, trennt es sich zuweilen an einzelnen Stellen, wo es gleichsam Risse bekömmt. Durch die Höhlen, die auf diese Weise in der höchsten Sonnenschichte entstehen, und um welche sich die Lichtmaterie dieser Schichte gleichsam in Wänden aufthürmt, durch diese Höhlen dringen nun die Strahlen der leuchtenden Wände, erhellen dadurch, nachdem sie durch die transparente zweite Hülle ungehindert durchgedrungen sind, die unterste, dunkle Wolkenschichte, und bilden auf diese Weise jenen asch-grauen Rand. Da diese Spalten oder Risse, wie gesagt, meistens allen drei Umgebungen der Sonne gemeinschaftlich sind, so wird dadurch auch der unterste Körper, der eigentliche Kern der Sonne, unsern Augen bloßgelegt, aber dieser kann von den erwähnten lichten Wänden der obersten Lichtsphäre nicht mehr beleuchtet werden, weil er von den ihm zunächst liegenden Wolken der dritten oder untersten dunkeln Schichte

Digitized by Google

beschattet wird, wodurch also die eigentliche schwarze Stelle des Fleckens erzeugt wird. — Diese Erklärung thut den Erscheinungen, so weit wir sie kennen, allerdings genug, und sie wird daher auch als die beste und sinnreichste von allen, die man bisher aufgestellt hat, angesehen.

§. 34. (Entdeckung der Sonnenflecken.) Die Ehre der ersten Entdeckung der Sonnenflecken, die bald nach der Erfindung der Fernröhre Statt hatte, scheint dem Engländer Harriot zu gehören. Baron Zach sah in den hinterlassenen Papieren dieses Astronomen Beobachtungen von Sonnenflecken, die mit dem 8ten December 1610 anfingen (Berl. Ephem. 1788 pag. 154). Allein diese Beobachtungen blieben, wenigstens auf dem Festlande Europa's, sehr lange unbekannt. Der berühmte Arzt Averroes von Cordova, der im zwölften Jahrhunderte lebte, hat wohl der erste einen großen Sonnenflecken mit freien Augen gesehen, aber die Sache erregte keine Aufmerksamkeit und hatte um so weniger Folge, als er, obschon mit Unrecht, diesen Flecken für den Planeten Merkur hielt.

Das erste Werk, welches über diesen Gegenstand erschien, ist das des Joh. Fabricius Phrysius (eines Friesländers) unter dem Titel: De maculis in sole observatis. Wittemberg 1611. Er erzählt, daß er eines Morgens einen schwarzen, auf der einen Seite grauen Flecken in der Sonne bemerkt, und denselben anfangs für eine Wolke gehalten habe. Nachdem er ihn aber wiederholt an demselben Tage, und mit verschiedenen Fernröhren, immer an derselben Stelle gefunden hatte, fing er an, an der wolkenartigen Natur dieser Erscheinung zu zweifeln. Bald darauf erhob sich die Sonne schon zu sehr über dem Horizont, und man konnte sie, ohne Besorgniß für seine Augen, nicht mehr ansehen *). Nicht ohne Furcht brachte er die folgende Nacht zu, da ihn der Argwohn, daß es nur eine vorübergehende Wolke seyn könnte, noch immer nicht ganz verlassen hatte. Desto größer war seine Freude, als er am folgenden Morgen seinen Gast wieder, und beinahe an derselben Stelle der Sonnenscheibe erblickte. Jetzt ließ er die Sonnenstrahlen durch eine kleine Oeffnung seines Fensterladens, in einem verfinsterten Zimmer, auf eine weiße Tafel fallen, und konnte auf diese Weise das Bild der Sonne und des Fleckens auf dieser Tafel den ganzen Tag durch beobachten. Er bemerkte bald, daß der Flecken sich von Ost gen West langsam fortbewege. Auch kamen in den nächsten Tagen noch mehrere andere Flecken zu dem ersten, die alle dieselben Erscheinungen zeigten. Etwas

*) Man kannte damals noch nicht die gefärbten Plangläser, die man jetzt vor die Oculare der Fernröhre stellt, um das Licht der Sonne zu dämpfen. Scheiner bediente sich um dieselbe Zeit zu seinen Sonnenbeobachtungen eines eigenen Fernrohrs, dessen Objectiv und Ocular aus gefärbtem Glase gemacht war. Andere schlugen mehrfach über einander gelegte Spinnengewebe vor, die man nach Art eines Schleiers über das Objectiv breitete. Auf jene gefärbten Plangläser scheint man erst spät gekommen zu seyn, da man sie nicht satt genug zu färben verstand, da man nicht darauf dachte, mehrere derselben über einander zu legen, und da man auch fürchtete, daß dadurch die Bilder der Gegenstände verzogen werden. Huygbens schlug einfache Spiegelgläser dazu vor, die man auf der einen Seite mit Lampenruß ungleich beräucherte, und dann mit einem zweiten ähnlichen Glase bedeckte, um die berußte Seite des andern ungestört zu erhalten.

Digitized by Google

später verschwand der erste Flecken an dem westlichen Rande der Sonne und nach etwa zwei Wochen sah er ihn an dem östlichen Rande wiede eintreten. Er schloß daraus mit Recht, daß diese Flecken sich um de Sonne Mittelpunkt bewegen. Seine Freude über diese Entdeckung wurd dadurch etwas vermindert, daß er die Veränderlichkeit der Gestalt diese Flecken, ja sogar ihr völliges Verschwinden in der Mitte der Sonnen scheibe bemerkte, und daß also diese Flecken keine permanenten Körpe sind. Demungeachtet zieht er aus seinen Beobachtungen mit Recht de Schluß, daß die Sonne sich um sich selbst drehen müsse, wie dieß scho Jordan Bruno (der i. J. 1600 wegen seiner zu liberalen religiösen Ge sinnungen lebendig verbrannt wurde), und später auch Kepler behaup tet hatte.

Der bereits erwähnte Jesuit, Christoph Scheiner aus Schwaben suchte die Entdeckung der Sonnenflecken für sich selbst zu vindiciren Sein Werk Rosa Ursina, welches die Beobachtungen dieser Flecken ent hielt, erschien aber erst i. J. 1630 zu Bracciano in Italien. Er sol den ersten Flecken zu Ingolstadt, wo er Professor war, im März 161 gesehen und ihn seinen Zuhörern gezeigt haben. Die Nachricht davo verbreitete sich, wie er sagt, sehr schnell, und er wurde von mehrere Freunden dringend ersucht, seine Entdeckungen bekannt zu machen, allein er wurde daran durch die Betrachtung gehindert, daß die Sache zu neu und mit den Grundsätzen der Philosophie seiner Zeit nicht im Einklang erscheinen würde. Flecken oder Fehler in der Sonne zu sehen, schien allen bisher gehegten Ideen von diesem Gestirne, dem Sinnbilde der höchsten Reinheit, zu widersprechen. Demungeachtet wollte er es endlich wagen, seine Beobachtungen öffentlich mitzutheilen, aber sein Provin zial, Theodor Busäus, ein peripatetischer Zelot, hielt ihn davon zurück indem er ihm sagte: „Von solchen Dingen habe ich nichts in meinen „Aristoteles gelesen; das sind bloße Einbildungen oder Fehler deines „Auges, oder auch deiner Gläser, mein Sohn, und du wirst besser thun „diese Sache bei dir zu behalten." — Demungeachtet konnte Scheine nicht ganz schweigen, und gab daher seinem Freunde Velser, Bürger meister von Augsburg, im December 1611 in drei Briefen von seine Entdeckung Nachricht, welche Briefe denn Letzterer im Januar 161 unter dem angenommenen Titel: Apelles post tabulam drucken ließ.

Auch Galilei hatte diese Flecken schon im Anfange des Jahres 1611 also nahe gleichzeitig mit Fabricius, gesehen, und darüber sogleich seh richtige Ansichten aufgestellt. Später entwickelte sich ein heftiger Strei zwischen Galilei und Scheiner, indem der Erste den Andern des Plagiats beschuldigte, und behauptete, die Sonnenflecken vor Allen zuerst gesehen zu haben. Wie dieß auch seyn mag: Scheiner hat wenigstens die Son nenflecken mit fortgesetztem Fleiße beobachtet. Sein Werk enthielt 77 Folioseiten, die ganz diesen Beobachtungen gewidmet sind, und man sieht, daß er auch die Theorie dieser Flecken, und ihre Bewegungen im Allgemeinen richtig aufgefaßt hatte. Galilei lobte ihn früher selbst we gen seines hohen und seltenen Talentes, und Hevel, dem in dieser Sach wohl ein Urtheil zustand, nennt ihn einen Mann incomparabilis e omnigenae eruditionis, qui hac in re omnibus palmam praeripuit Scheiner beobachtete die Sonnenflecken unausgesetzt, von dem Jahr 1618 bis 1627, durch neun Jahre, und reduzirte alle seine Beobachtun gen auf die Ekliptik. Wir werden bald sehen, zu welchem Zwecke diese Beobachtungen eigentlich angestellt worden, und daß eben diesem Zweck die bereits erwähnte Veränderlichkeit dieser Flecken sehr hinderlich ist Es wäre sehr zu wünschen, daß man unter den vielen, die oft in kurze

Digitized by Google

Zeit erscheinen, nur wenigstens einen herausfinden könnte, der weder seine Gestalt, noch seinen Ort auf der Sonnenscheibe beträchtlich änderte, und den man durch mehrere Revolutionen mit Genauigkeit verfolgen könnte. Aber Flecken dieser Art scheinen sehr selten zu seyn. Derjenige, den man unter allen bisher gesehenen noch am längsten beobachten konnte, war der vom Ende des Jahres 1676, welchen Cassini durch volle 70 Tage, also durch nahe drei volle Revolutionen, verfolgte.

Zur Erläuterung des Vorhergehenden folgen hier einige Abbildungen merkwürdiger Sonnenflecken.

Die Fleckengruppe Fig. 34 wurde von Fritsch in Quedlinburg am 23sten Mai 1799 beobachtet. Da der westliche Flecken b dem Sonnenrande schon ganz nahe war, so erschien sein schwarzer Kern sowohl, als auch seine neblige Einfassung in einer ovalen Form, obschon sie sonst alle, wenn sie in der Mitte der Sonne stehen, kreisrund erscheinen, wie hier der östlichste Flecken c. Diese beiden Hauptflecken des Systems, besonders b, hatten ganz das Ansehen eines Ringgebirges in unserem Monde. Beide Flecken waren durch einen sogenannten Berg- oder Thal-Weg bec verbunden, der in d und in f in einen Seitenast auslief und bei e einen ganz schwarzen Kern ohne Einfassung zeigte. Dieser Weg bec schien zugleich weißer und matter, als die übrige Sonnenfläche. Diese Beobachtungen wurden mit einem nur $2^1/_2$füßigen Ramsden'schen Fernrohre angestellt.

Die übrigen in Fig. 35, 36, 37 und 38 abgebildeten Flecken wurden alle an demselben Tage, den 24sten Mai 1828 von Pastorff in Frankfurt an der Oder, beobachtet. Der größte derselben, abcd, hatte den Durchmesser ab = 100 und cd = 60 Secunden. Da aber eine gerade Linie von 98 geogr. Meilen auf der Oberfläche der Sonne, von der Erde gesehen, unter einem Winkel von nahe einer Secunde erscheint, so war der wahre Durchmesser dieses Fleckens ab = 9800 und cd = 5880 Meilen. Der Durchmesser unserer Erde hat nur 1720 Meilen. Demnach betrug die Oberfläche dieses Fleckens über $57^1/_2$ Millionen Quadratmeilen. Eben so waren die scheinbaren Größen ef = 110 Secunden, gh = 60, no = 68, pq = 20, ik = 38, lm = 66, rs = 24, tu = 46 und wx = 42 Secunden. Multiplicirt man diese Zahlen durch 98, so erhält man die Dimensionen ef, gh u. s. in geogr. Meilen ausgedrückt. Die Oberfläche aller hier unter Fig. 35 bis 38 mitgetheilten Flecken betrug 156 Millionen Quadratmeilen, während die Oberfläche unserer ganzen Erde nur $9^3/_{10}$ Millionen Quadratmeilen beträgt. Alle diese Flecken waren in einer beständigen Aenderung ihrer Form und Größe begriffen, die sich mit jedem neuen Tage deutlich erkennen ließ. Um die größeren Flecken abcd und tuwx sah man rings um ihren äußeren grauen Rand eine Einfassung von Lichtgewölk, das heller war, als die übrige Sonnenfläche. Von der äußern Gränze des grauen Randes bis zu dem innern dunklen Kern zeigten sich abschüssige Rillen, mit kleinen Kreisen oder Circellen ganz bedeckt, die immer tiefer zu liegen schienen, je näher sie dem innern Kern kamen.

§. 35. (Sonnenflecken, als *Mittel*, die Rotation der Sonne zu bestimmen.) Wenn diese Flecken in der That mit der Oberfläche der Sonne auf irgend eine Weise, wenigstens auf einige Zeit, in fester Verbindung stehen, so kann man sich ihrer als eines Mittels bedienen, die Umdrehung der Sonne um ihre Axe, und zugleich die Lage dieser Axe im Weltraume, zu bestimmen. Auch machte man diesen Versuch sehr bald nach der Entdeckung der Sonnenflecken, und die Sonne war auch unter allen

Digitized by Google

Himmelskörpern der erste, dessen Rotation man auf diese Weise erkannt und bestimmt hat.

Man bemerkte bald, daß die Wege, welche diese Flecken auf der Sonnenscheibe beschreiben, in verschiedenen Jahreszeiten auch eine verschiedene Gestalt und Krümmung haben. Am Ende des ersten Drittheils des Junius und des December, erscheinen sie als gerade Linien; in allen andern Jahreszeiten sind sie krumme Linien, und zwar wenden sie ihre erhabene oder convexe Seite ein halbes Jahr gegen Nord oder aufwärts, und die folgenden sechs Monate gegen Süd oder abwärts. Ihre stärkste Krümmung nach oben haben sie im August, und nach unten im Februar. Endlich bemerkte man noch, daß die Zeit zwischen zwei nächsten Durchgängen der Flecken durch denselben östlichen oder westlichen Rand der Sonne nahe 27 Tage betrage. Diese Beobachtungen reichten schon hin, uns mit den Umständen der Rotation der Sonne um ihre Axe wenigstens im Allgemeinen bekannt zu machen.

Wenn die Sonne sich um eine Axe dreht, so müssen alle Punkte ihrer Oberfläche, also auch die Sonnenflecken, Kreise beschreiben, deren Ebenen auf dieser Axe senkrecht stehen, und deren Mittelpunkte alle in dieser Axe liegen. Von diesen Kreisen wird derjenige, der durch den Mittelpunkt der Sonnenkugel geht, oder der gleichweit von den beiden Polen der Axe entfernt ist, der größte seyn, und wir werden ihn daher, analog mit der Erde, den Sonnenäquator nennen können. Dieser größte Kreis der Sonne, und somit auch alle andern, mit ihm parallelen Kreise der Sonnenflecken, wird aber den Beobachtern auf der Erde unter verschiedenen Gestalten erscheinen können, und zwar I. als eine gerade Linie, wenn wir nur seine Kante sehen, oder wenn die Ebene des Sonnenäquators mit der Ekliptik zusammenfällt; II. als ein eigentlicher Kreis, wenn unsere Gesichtslinie auf dem Sonnenäquator senkrecht steht, oder wenn der Sonnenäquator gegen die Ekliptik, unter einen Winkel von 90 Graden geneigt ist, und endlich III. als eine Ellipse, wenn wir den Sonnenäquator nur schief sehen, oder wenn er eine Neigung gegen die Ekliptik hat, die größer als Null und kleiner als 90° ist.

§. 36. (Wie uns die Bahnen der Sonnenflecken erscheinen.) Der letzte dieser drei Fälle ist der, in welchem sich die Erde in Beziehung gegen die Sonne befindet. Wir sehen die an sich kreisförmigen Bahnen der Sonnenflecken im Allgemeinen nur als Ellipsen, also müssen sie, und daher auch der ihnen allen parallele Aequator, in einer, gegen unser Auge schiefen Lage stehen. Da aber unser Auge selbst sich, sammt der Erde, um die Sonne bewegt, so kann jene Lage gegen uns eine veränderliche seyn, selbst wenn, wie es wahrscheinlich ist, die Lage des Sonnenäquators gegen die feste Ekliptik fest und unveränderlich wäre.

Da dieser Aequator, dessen Ebene man sich, wie eine endlose Tafel, nach allen Seiten unbegränzt verlängert denken kann, mit der Ebene der Ekliptik, in welcher sich die Erde bewegt, nicht zusammenfällt, so wird die Erde, während ihrer Bewegung um die Sonne, ein halbes Jahr über, und eben so lange unter diesem Aequator, und nur zwei Augenblicke im Jahre wird sie in der Ebene dieses Aequators selbst sich aufhalten müssen. In diesen beiden letzten Momenten werden uns demnach die Bahnen der Flecken als gerade Linien erscheinen müssen, und da dieß, wie gesagt, am 10ten Junius und am 10ten December geschieht, wo die Länge der Erde, von der Sonne gesehen, 258 und 78 Grade beträgt, so muß die durch die Sonne gehende Knotenlinie des Sonnenäquators mit der Ekliptik auch dieselbe Länge haben. Kennt man aber einmal diese Durchschnittslinie beider Bahnen, so wird man durch einige

Digitized by Google

leichte geometrische Betrachtungen auch bald den Winkel finden, unter welchem diese Bahnen gegen die Ekliptik geneigt sind. Man sieht, daß die Beobachtung der größten Krümmungen dieser Curven, im Februar und August, dazu vorzüglich geschickt seyn wird. Auf diese Weise hat man gefunden, daß die Länge des aufsteigenden Knotens des Sonnenäquators mit der Ekliptik 258 Grade, und daß die Neigung dieser beiden Ebenen etwas über 8 Grade beträgt, wodurch nun die Lage des Sonnenäquators im Weltraume vollkommen bestimmt ist.

§. 37. (Rotationszeit der Sonne.) Noch ist die Beantwortung der Frage übrig, in welcher Zeit sich die Sonne um ihre Axe bewegt. — Wir haben bereits gesehen, daß die Zeit zwischen den zwei nächsten Erscheinungen oder Verschwindungen eines Fleckens an dem Sonnenrande 27 Tage beträgt. Dieß ist aber noch nicht die wahre Rotationszeit der Sonne, denn da die Erde in ihrer jährlichen Bewegung in 27 Tagen auch nahe 27 Grade zurücklegt, so muß der Flecken während dieser Zeit nicht bloß den ganzen Umfang der Sonnenkugel, nämlich nicht bloß 360 Grade, sondern noch 27 Grade mehr zurückgelegt haben, um das zweitemal am östlichen Rande der Sonne zu erscheinen, so daß man daher die Proportion hat

$$387^\circ : 360^\circ = 27\ \text{T.} : x\ \text{T.}$$

oder, da x gleich 25.12 Tage ist, so beträgt auch die Umlaufszeit der Sonne um ihre Axe 25 Tage und nahe 3 Stunden.

Uebrigens müssen wir bemerken, daß die Astronomen noch immer weder jene Lage des Sonnenäquators, noch auch diese Rotationszeit derselben genau kennen, weil diese Beobachtungen der Sonnenflecken, wegen der bereits erwähnten Veränderlichkeit derselben, sehr schwer mit der hier nöthigen Genauigkeit anzustellen sind, aus welcher Ursache auch nur wenige Astronomen der neuern Zeit dem Gegenstande die Aufmerksamkeit gewidmet haben, deren er sonst in einem so hohen Grade würdig ist, da es in vielen andern, sehr wichtigen Beziehungen von dem größten Interesse seyn würde, die Position dieses Aequators sowohl, als auch die Veränderungen, welchen derselbe ohne Zweifel unterworfen ist, näher kennen zu lernen.

§. 38. (Einfluß der Sonnenflecken auf unsere Witterung.) Noch dürfen wir hier der sehr verbreiteten Meinung Erwähnung thun, daß die Sonnenflecken einen bedeutenden Einfluß auf unsere Witterung haben sollen. Allein es fehlt uns noch an lange genug fortgesetzten Beobachtungen, um diesen Einfluß verbürgen zu können. Wenn dieser Flecken so viele erscheinen, daß sie, wie vielleicht in den bereits oben erwähnten zwei Jahren des sechsten und siebenten Jahrhunderts, große Theile der Sonne bedecken, so kann dann eine Wirkung derselben auf unsere Witterung wohl nicht bezweifelt werden. Uebrigens hat man in der Erscheinung dieser Flecken bisher nichts Regelmäßiges entdeckt. Nur selten findet man die Sonne ganz frei von ihnen. Aber auch eine große Anzahl gleichzeitiger Flecken gehört zu den seltenen Erscheinungen. Scheiner hat einmal über fünfzig an einem Tage bemerkt, obschon er zu einer andern Zeit oft wieder Monate durch kaum einen einzigen etwas beträchtlicheren sehen konnte. Lalande war der Meinung, daß es besondere Stellen der Sonne gebe, die für die Bildung der Flecken vorzüglich günstig sind, allein auch diese Bemerkung hat sich nicht bestätigt, obschon es übrigens bekannt ist, daß man diese Flecken gewöhnlich nur in der Nähe des Aequators der Sonne, bis nahe dreißig Grade zu beiden Seiten desselben, sieht, so, daß sie also gleichsam ihren eigenen Zodiacus haben, und daß ihre Entstehung mit der Rotation der Sonne, die in der Nähe des

Digitized by Google

Aequators am schnellsten ist, in irgend einer uns noch unbekannten Ve
bindung zu stehen scheint.

§. 39. (Dreifache Bewegung der Sonne.) Da die Sonne durch d
Anziehung, welche ihre Masse auf die Planeten äußert, die Ursache d
Bewegung dieser Planeten ist, wie wir später umständlicher sehen we
den, so wird auch jeder dieser Planeten, dessen Masse ebenfalls eine a
ziehende Kraft auf alle übrigen Körper äußert, wieder auf die Son
zurückwirken und derselben eine Bewegung im Raume ertheilen müsse
Wie nämlich der Planet, durch die Attraction der Sonne, eine Ellip
um dieselbe beschreibt (I. §. 137), so wird auch der Mittelpunkt d
Sonne, durch die Attraction des Planeten in Bewegung gesetzt, in ein
Ellipse einhergehen. Allein der Umfang dieser Sonnenellipse wird si
zu jener des Planeten nahe verkehrt wie die Massen dieser beiden G
stirne verhalten, oder diese Sonnenellipse wird, wegen der unvergleich
bar größeren Masse der Sonne, gegen die Ellipse des Planeten *ung*
mein klein seyn. Da das, was hier von einem Planeten gesagt wird
von allen übrigen ebenfalls gilt, so wird die Bahn, welche den Mittel
punkt der Sonne beschreibt, eine sehr verwickelte krumme Linie seyn
Glücklicher Weise können wir die nähere Kenntniß dieser krummen Lini
entbehren, da die Astronomen noch nicht dahin gekommen sind, die ab
soluten Bewegungen der Planeten und Kometen in dem Himmelsraume
sondern nur ihre *relativen*, nämlich ihre Bewegungen in Beziehun
auf die Sonne, zu beobachten.

Demungeachtet ist die *Existenz* dieser Bewegung der Sonne nich
weiter zu bezweifeln, nicht nur aus dem angeführten, und hoffentlic
guten und Jedermann einleuchtenden Grunde, sondern auch noch wege
der *Rotation* der Sonne selbst, deren Daseyn, wie wir so eben gese
hen haben, unmittelbar aus der beobachteten Bewegung der Sonnen
flecken folgt. Allein diese Rotation der Sonne um ihre Axe, die wi
nicht nur bei diesen, sondern auch noch bei so vielen andern Körper
unseres Planetensystems bemerken — woher soll *diese* kommen? Wi
können uns die Ursache derselben nicht gut anders, als in einem primi
tiven Stoß, in einer ersten Anziehung denken, welchem diese Körper, z
der Zeit ihrer Entstehung, entweder unmittelbar von der Hand der All
macht, oder von der Einwirkung irgend eines äußern Körpers erhalte
haben. In absoluter Ruhe können die Planeten, im ersten Augenblick
ihrer Entstehung, nicht gewesen seyn, denn sonst würden sie, der Anzie
hung der Sonne folgend, in gerader Linie auf sie zugegangen seyn un
sich daher alle schon längst mit ihr vereiniget haben. Jene Bewegung
der Planeten in einer Ellipse um die Sonne läßt sich daher nur dann
durch diese Anziehung der Sonne erklären, wenn sie mit einem solche
primitiven Stoß in Verbindung gesetzt wird. Die *Richtung* dieses
Stoßes konnte im Allgemeinen willkührlich seyn, wenn sie nur nicht ge
rade zur Sonne hin oder von ihr weg ging, denn dann würden die
Planeten offenbar wieder, wie zuvor, in einer geraden Linie zur Sonn
hin oder von ihr weggegangen seyn. Diese Richtung mußte also gege
die Linie, welche die Sonne und den Planeten im Anfange verband, ir
gend eine *schiefe* Lage haben. Sie müßte auch überdieß noch ein
solche Lage haben, daß sie nicht durch den Mittelpunkt des Planete
selbst ging, weil sonst der Planet offenbar nur eine progressirte Bewe
gung um die Sonne, aber keineswegs auch eine rotirende um seine eigen
Axe hätte erhalten können, die er doch, den Beobachtungen zu Folge
in der That erhalten hat. Wir werden erst weiter unten (III. §. 63
Gelegenheit finden, diesen interessanten Gegenstand näher zu betrachten

Digitized by Google

Hier genügt es uns, zu sehen, daß die Sonne, weil sie sich um ihre Axe dreht, zugleich eine fortschreitende Bewegung im Weltraume haben, und daß sie daher das gesammte System der Planeten und Kometen auf diesem ihrem Wege mit sich ziehen müsse. Der ältere Herschel wollte die Folgen dieser Bewegung auch schon unter den Gestirnen des Himmels erkannt haben, und er nahm daher an, daß die Sonne, und daher auch das ganze Sonnensystem sich gegen das Sternbild des Herkules hin bewege, weil es ihm schien, als ob die Sterne dieser Constellation seit einem Jahrhundert immer mehr auseinander treten, während die ihm gegenüberstehenden, des Stiers, von welchem wir uns also immer mehr entfernen sollten, einander scheinbar näher zu rücken schienen. Allein die Beobachtungen anderer Astronomen haben diese Muthmaßung nicht bestätiget, und es wird wohl nicht lange währen, bis wir über die Richtung und Größe dieser Bewegung, deren Daseyn übrigens nicht bezweifelt werden kann, eine nähere Kenntniß erhalten.

Setzt man der Kürze wegen r das Verhältniß des Halbmessers eines Planeten zu dem Halbmesser seiner Bahn, und t das Verhältniß seiner Umlaufszeit um die Sonne zu der Zeit der Rotation um seine Axe, so kann man durch einige geometrische Betrachtungen leicht die Entfernung finden, in welcher die Richtung jenes ursprünglichen Stoßes von dem Mittelpunkte des Planeten Statt haben müßte, um diese Werthe von r und t hervorzubringen. Diese Entfernung a ist nämlich, in Halbmessern des Planeten ausgedrückt, gleich $^2/_5$ des Produkts der beiden Größen r und t.

Für die Erde z. B. ist r = 0.000043 und t = 365.25, also auch a = 0.006 Erdhalbmesser oder nur etwas über 5 geogr. Meilen. Für Jupiter aber, der eine sehr schnelle Rotation hat, ist r = 0.00009 und t = 10468, also auch a = 0.378 Halbmesser Jupiters oder 3780 Meilen.

Die Richtung dieses Stoßes der Erde mußte dieselbe mit der ursprünglichen Tangente der Erdbahn seyn, und daher ganz in der Ebene der Ekliptik liegen. War sie überdieß noch der Ebene des Aequators parallel und senkrecht auf die ursprüngliche Entfernung der Erde von der Sonne, so mußte die Erde zu einer Zeit entstanden seyn, wo die Apsiden ihrer Bahn mit den Sonnenwenden zusammenfielen, und diese Zeit würde, nach dem, was oben (I. §. 153) von der Bewegung der großen Axe der Erdbahn gesagt worden ist, nahe in das Jahr 9000 vor Chr. G. fallen, eine Hypothese, auf die man übrigens keinen größeren Werth legen wird, als sie eben verdient.

Kapitel II.

Merkur.

§. 40. (Entfernung, Umlaufszeit, Massen u. s. dieses Planeten.) Unter allen Planeten ist Merkur der nächste an der Sonne. Unsere Fernröhre zeigen uns daher von ihm wenig mehr, als daß er rund ist, und, wenn

Digitized by Google

diese Fernröhre sehr gut sind, daß er Phasen, d. h. eben solche Lichtabwechslungen, wie unser Mond, hat. Er ist nämlich zu klein, meistens zu weit von uns entfernt, und hält sich endlich immer zu nahe in dem starken Lichte der Sonne auf, als daß wir hoffen könnten, ihn bald genauer kennen zu lernen. Das Meiste von dem, was wir von seiner physischen Beschaffenheit wissen, verdanken wir dem unvergeßlichen Schröter in Lilienthal, der ihn mit seinen starken Spiegeltelescopen auf das eifrigste verfolgte. (M. s. dessen hermographische Fragmente im III. Bande der Beiträge zu den neuesten astronomischen Entdeckungen. Göttingen 1800.)

Die mittlere Entfernung dieses Planeten von der Sonne, oder die halbe große Axe seiner Bahn beträgt 0.387 Halbmesser der Erdbahn, oder 8082000 d. Meilen. Da aber diese seine Bahn sehr elliptisch ist, so ist seine wahre Entfernung von der Sonne sehr veränderlich. Im Perihelium steht er nur 7413000, im Aphelium aber 9752000 Meilen von der Sonne ab; mit andern Worten: seine kleinste Entfernung von der Sonne beträgt 66.5, seine mittlere 83.7, und seine größte 100.9 Sonnenhalbmesser, welcher letzte 94000 Meilen hat. Noch beträchtlicher unter einander verschieden sind seine Entfernungen von der Erde, da die kleinste derselben 10 und die größte über 30 Millionen Meilen beträgt.

Sein Halbmesser beträgt nur 300 Meilen, also nur den dritten Theil des Erdhalbmessers, wie er denn überhaupt unter den sieben älteren Planeten bei weitem der kleinste ist. Seine Oberfläche ist daher nur 1073000 Quadratmeilen groß, oder kaum der zehnte Theil von der Oberfläche der Erde, und sein körperlicher Inhalt, oder sein Volum, das 104 Millionen Kubikmeilen beträgt, ist nur der $^1/_{100}$te Theil des Volums der Erde, oder aus der Erde würden sich 25 solche Kugeln, wie Merkur, bilden lassen.

Da er der Sonne, dieser eigentlichen Quelle der Bewegungen aller Planeten, so nahe steht, so ist seine Bewegung um diesen Centralkörper von allen die schnellste. In der That legt er in seiner mittleren Geschwindigkeit in jeder Secunde 6.7 Meilen, oder in einem Tage schon 578880 Meilen zurück. Seine ganze Bahn um die Sonne vollendet er, in Beziehung auf die Fixsterne, in 87.969, und in Beziehung auf die Nachtgleichen in 87968 Tagen, und zwar in einer Bahn, die nahe sieben Grade, also stärker, als alle andern älteren Planetenbahnen, gegen die Ekliptik geneigt ist. Seine synodische Umlaufszeit endlich (I. §. 98) beträgt 115.87 Tage.

Wir werden weiter unten die Mittel kennen lernen, die Massen der Planeten, d. h. die Menge der materiellen Elemente, aus denen sie bestehen, oder, wenn man lieber will, die gegenseitigen Gewichte derselben, so wie auch die Dichtigkeit dieses materiellen Stoffes, aus dem sie bestehen, zu bestimmen. Wir werden uns indeß der Vollständigkeit wegen erlauben, bei jedem Planeten diese beiden Eigenschaften schon jetzt mit aufzuführen. Die Masse Merkurs also ist nur $^1/_6$ von der Masse der Erde, d. h., wenn man die Erde in eine Wagschaale legen könnte, so müßte man in die andere sechs solche Kugeln, wie Merkur, legen, um die Waage im Gleichgewichte zu erhalten. Da aber die Dichtigkeit eines jeden Körpers nichts anderes, als seine Masse, dividirt durch sein Volum, ist, so würde, wenn das Volum Merkurs auch nur der sechste Theil des Volums der Erde wäre, die Dichtigkeit Merkurs gleich der der Erde seyn. Allein das Volum dieses Planeten beträgt, wie bereits gesagt, nur den 25sten Theil des Volums der Erde, also ist auch die Dichtigkeit desselben gleich $^{25}/_6$ oder nahe viermal so groß, als

Digitized by Google

die Dichtigkeit der Erde. Die mittlere Dichtigkeit der Erde ist aber bekanntlich nahe 5 mal größer, als die des reinen Wassers, also ist auch die Dichtigkeit des Merkurs nahe 20 mal größer, als die des Wassers, oder die Masse Merkurs besteht aus einer Materie, die nahe eben so dicht als unser Gold oder Platin ist.

Auf unserer Erde fallen die Körper, wenn sie ihrer Unterstützung beraubt werden, in der ersten Secunde, nach den zahlreichen Beobachtungen, die wir auf der Oberfläche der Erde angestellt haben, durch 15.1 Par. Fuß. Da wir nicht auf die Oberfläche Merkurs oder eines der andern Planeten kommen, also auch keine Beobachtungen daselbst anstellen können, so sollte man glauben, daß es den Menschen immer versagt seyn wird, zu erfahren, wie sich die fallenden Körper auf jenen Planeten verhalten. Wir werden aber, wie schon gesagt, weiter unten Gelegenheit haben, zu zeigen, daß diese Bestimmungen in der That sehr leicht sind, wenn man einmal die Masse und den Halbmesser dieser Planeten kennt. Eine ganz einfache Rechnung lehrt uns, daß dieser freie Fall der Körper auf der Oberfläche Merkurs in der ersten Secunde 14.1 Fuß, also genau einen Fuß weniger, als auf der Erde, beträgt.

§. 41. (Scheinbarer Durchmesser Merkurs.) Ein an sich so kleiner und von uns so weit entfernter Körper kann uns nur unter einem ebenfalls sehr kleinen Winkel erscheinen. In der That beträgt sein scheinbarer Durchmesser, selbst wenn er am größten, oder wenn der Planet uns am nächsten ist, nur 12 Secunden, und in seiner größten Entfernung nur nahe 4 Secunden. Die Beobachter auf der Sonne aber, wenn diese in der That existiren, und wenn sie vor dem blendenden Lichte der Sonne die Planeten noch sehen können, würden ihn in seiner mittleren Entfernung unter dem Winkel von etwa 15 Secunden, also nahe eben so groß sehen, als ihnen die an sich so viel größere, aber auch weiter entferntere Erde erscheint. Dagegen sehen die Beobachter auf der Oberfläche Merkurs die ihnen so nahe Sonne unter einem scheinbaren Durchmesser von 4980 Secunden, oder nahe $2^1/_2$ mal so groß, als wir von der Erde den Sonnendurchmesser sehen, und daher auch die Oberfläche der ganzen Sonnenscheibe nahe siebenmal größer als wir.

§. 42. (Temperatur und Beleuchtung auf Merkur.) Diese Nähe der Sonne muß auch auf die Temperatur Merkurs einen bedeutenden Einfluß haben. Die Beleuchtung, welche dieser Planet von der Sonne erhält, oder die Helligkeit seiner Tage, ist nahe siebenmal größer, als bei uns, und in demselben Verhältnisse wird auch vielleicht die Temperatur oder die Intensität der Wärme stehen, welche die Oberfläche Merkurs und der Erde von der Sonne erhält. Eine solche Helligkeit des Tageslichtes würde unsere Augen blenden, und eine siebenmal höhere Temperatur würde dem Leben aller unserer Thiere und Pflanzen sehr schnell ein Ende machen. Welche von uns völlig verschiedene, welche ganz anders organisirte Wesen mögen daher diesen Planeten bewohnen, und wie viel mehr noch mögen sie von den Bewohnern des Uranus, des entferntesten aller Planeten, verschieden seyn, auf dessen Oberfläche die Intensität der Beleuchtung sowohl, als die der Erwärmung nicht weniger als 330 mal kleiner, als auf der Erde, also über 2300 mal kleiner, als auf der Oberfläche Merkurs ist. Wenn daher unser Wasser auf der Oberfläche Merkurs wegen der großen dort herrschenden Hitze dem Kochen immer nahe seyn müßte, so würden auf jener des Uranus nicht nur alle unsere Flüssigkeiten, sondern vielleicht selbst die Luft zu einem festen Körper erstarren. Beide Extreme würden für Organisationen unserer Art gleich unerträglich und zerstörend seyn.

Digitized by Google

§. 43. (Sichtbarkeit Merkurs.) Man erkennt diesen Planeten an seiner hellweißen Farbe und an seinem intensiven Lichte, das, durch gute Fernröhre besehen, die Augen blendet, daher man, in sehr lichtstarken Teleſcopen, ſchwach gefärbte oder ſogenannte Dampfgläſer vor das Ocular ſtellen muß, wie bei der Sonne, um ſeine Begränzung ſchärfer zu ſehen. Gewöhnlich iſt er mit freien Augen ſchwer zu finden, da er ſich immer in der Nähe der Sonne aufhält, von deren Lichte er gleichſam verdunkelt wird. In der That entfernt er ſich nie weit von der Sonne, und iſt daher nur, wenn er ihr weſtlich ſteht, Morgens kurz vor Sonnenaufgang am öſtlichen Himmel, und wenn er ihr öſtlich iſt, Abends bald nach Sonnenuntergang am weſtlichen Himmel einige Zeit durch ſichtbar, ſo daß man ihn daher immer in dem Dämmerlichte der Sonne und nahe am Horizonte ſuchen muß. Man möchte beinahe glauben, daß die alten Griechen viel beſſere Augen, als wir, gehabt haben, da ſie dieſen Planeten nicht nur ſo oft ſehen, ſondern ihn fortgeſetzt beobachten, und aus dieſen Beobachtungen ſogar die Theorie ſeiner Bewegung ableiten konnten. Zwar ſind die Tafeln deſſelben, wie ſie uns Ptolemäus überliefert hat, die unvollkommenſten von allen ſeinen Planetentafeln, und der Fehler derſelben geht, wenn man ſie mit unſern neuern Tafeln vergleicht, bis auf ſieben volle Grade. Aber auch in dieſem Zuſtande noch können ſie als ein Beweis des Fleißes jener Aſtronomen betrachtet werden, die noch keine Fernröhre zu ihrem Gebote hatten, und gewiß nicht ohne lang fortgeſetzte Beobachtungen auch nur die allgemeine Bewegung dieſes Geſtirns erkennen konnten. Copernicus ſoll es noch auf ſeinem Sterbebette betrauert haben, daß er in ſeinem ganzen Leben den Merkur auch nicht ein einziges Mal geſehen hatte, ſo viel er ſich auch darum bemühte. Möſtlin, der Lehrer des großen Kepler, ſagte oft ſcherzend, daß dieſer Planet nur da zu ſeyn ſcheine, um die Aſtronomen in ein ſchlechtes Licht zu ſtellen, und Riccioli hielt den himmliſchen Merkur für eben ſo unergründlich für die Aſtronomen, als den irdiſchen (das Queckſilber) für die Chemiker und Alchimiſten. Seit indeß die Fernröhre entdeckt, und in unſern Tagen auf einen ſo hohen Grad der Vollkommenheit gebracht worden ſind, hat man weiter keine Schwierigkeit, ihn ſelbſt um Mittag, und in einer ſehr geringen Entfernung von der Sonne zu ſehen. Oefters ſoll es ſich jedoch ereignen, daß man ihn auch mit dieſen Hülfsmitteln zu einer Zeit, wo man ihn, ſeiner Stellung gegen Erde und Sonne wegen, am beſten ſehen ſollte, nur mit Mühe erkennen kann, und man glaubt dieſe Sonderbarkeit dadurch zu erklären, daß einzelne Theile ſeiner Oberfläche das Licht der Sonne weniger gut reflectiren, als andere.

§. 44. (Größtes Licht Merkurs.) Wir haben bereits oben (I. §. 94) den ſcheinbaren Lauf dieſes Planeten um die Sonne umſtändlich angegeben und geſagt, daß er ſich von derſelben im Mittel nur um 23 Grade öſtlich oder weſtlich entfernt. Allein wenn er zu dieſer Zeit zugleich in ſeinem Aphelium iſt, ſo kann dieſe Entfernung von der Sonne, wegen der großen Excentricität ſeiner Bahn, bis auf 29 Grade ſteigen. Man nennt dieß ſeine größte Elongation, und zu dieſer Zeit, ſollte man glauben, müßte man ihn am leichteſten und beſten ſehen, weil er da von dem viel ſtärkern Lichte der Sonne am meiſten entfernt iſt, und auch bei Auf- oder Untergang der Sonne noch am höchſten über dem Horizonte ſteht. Allein zur Zeit der größten Elongation iſt er auch noch zu ſehr von der Erde entfernt und wendet uns einen zu kleinen Theil ſeiner von der Sonne beleuchteten Hemiſphäre zu, um hier in ſeinem größten Lichte zu glänzen. Dieſe Verhältniſſe ſind im Gegentheile am gün-

Digitized by Google

stigsten, wenn er etwas näher bei seiner untern Conjunction mit der Sonne und nahe 15 oder 18 Grade von derselben entfernt ist.

§. 45. (Phasen Merkurs.) Es ist bereits gesagt worden, daß dieser Planet uns ähnliche Lichtabwechslungen, wie der Mond, zeigt, was offenbar von seiner Stellung gegen Sonne und Erde kömmt. Die bloße Ansicht der Fig. 39 wird hinreichen, diese Phasen Merkurs mit allen ihren Eigenheiten zu erklären. In seiner obern Conjunction (1) ist er am weitesten von der Erde T entfernt, erscheint uns also auch am kleinsten. Da aber hier die von der Sonne S beleuchtete Hemisphäre ganz der Erde zugewendet ist, so hat er die Gestalt einer ganzen kreisrunden, lichten Scheibe, wie der Mond zur Zeit seines Volllichtes. In seinem ersten Viertel (2) zeigt er uns nur mehr die eine Hälfte seiner beleuchteten Hemisphäre auf seiner Westseite. Wenn er in seiner Bahn noch weiter fortrückt, und nach (3) in seine untere Conjunction kömmt, so steht er der Erde am nächsten, und müßte ihr daher am größten erscheinen. Allein da er hier seine beleuchtete Seite ganz von der Erde wegwendet, so sehen wir ihn gar nicht. Bisher war Merkur Abendstern, oder man sah ihn nur nach Sonnenuntergang im Westen an der östlichen Seite der Sonne; allein so wie er über (3) hinaustritt, wird er Morgenstern und erscheint vor Aufgang der Sonne im Osten auf der westlichen Seite der Sonne. Anfangs, wo er der Sonne noch sehr nahe ist, steht man ihn nur gleich einem feinen Silberfaden, wie den Mond in den ersten Tagen nach dem Neulichte, und seine östliche Seite wird immer mehr beleuchtet, bis er in (4), in seinem letzten Viertel, uns die Hälfte seiner lichten Hemisphäre, und endlich in (1) wieder die ganze beleuchtete Scheibe zuwendet (Vergl. I. §. 94—112). Alle diese Erscheinungen sind den Beobachtungen vollkommen gemäß, und es ist bereits oben (I. Cap. VIII.) gesagt worden, daß man diese Phasen als einen der treffendsten Beweise des Copernicanischen Planetensystems ansehen kann. Zwar hat man eben die Abwesenheit derselben (da man, selbst bei der Venus, diese Phasen ohne Fernröhre, die damals noch unbekannt waren, nicht sehen konnte) als einen Beweis gegen dieß System brauchen wollen, aber nichts beweist mehr die Sicherheit und die innige Ueberzeugung von der einmal erkannten Wahrheit, als daß Copernicus sich durch diesen, damals allerdings sehr gewichtvollen Einwurf, nicht hindern ließ, sondern kühn behauptete, daß diese Phasen ganz gewiß existiren, und daß wir sie nur nicht sehen können, weil unsere Augen dazu zu schwach sind. Und in der That, kaum war das Fernrohr erfunden, als auch Galilei schon diese Lichtwechsel, wenigstens bei der Venus, wo sie viel leichter zu sehen sind, entdeckt hatte. — Die Geschichte der Wissenschaften enthält vielleicht nur noch einen einzigen analogen Fall eines ähnlichen beharrlichen Festhaltens an der einmal entdeckten Wahrheit. Als Hutton seine Theorie von der Consolidation der Felsen durch Anwendung der Hitze in einer großen Tiefe unter dem Spiegel des Meeres vortrug, und diese besonders auf den einst flüssigen Marmor anwendete, wurde ihm entgegnet, daß wenigstens bei dieser und überhaupt bei allen kalkigen Steinarten eine solche Ursache der Consolidation nicht zugelassen werden könne, weil die Hitze die Substanz derselben auflöst und sie in Kalk verwandelt, indem sie die Kohlensäure aus dem Steine treibt und nichts als eine Masse zurückläßt, die nicht weiter flüssig gemacht und nicht einmal durch Hitze verändert werden kann. Allein Hutton antwortete darauf, daß der große Druck, unter welchem die Hitze auf diese Steinart angebracht worden ist, die Trennung der Kohlensäure hindern muß, und daß daher bei dem Zurückblei-

Digitized by Google

ben derselben die Flüssigkeit des Kalksteines gar wohl möglich seyn kann
Und schon die nächste Generation sah die Bestätigung dieser eben
glücklichen, als kühnen Voraussage. Was Hutton bloß als Meinung
aber als eine auf Verstand und Erfahrung gegründete Meinung, vorg
tragen hatte, wurde bald darauf eine Thatsache, die jeder sehen, d
Niemand mehr bezweifeln kann. James Hall schmilzt jetzt den Ma
mor, wie wir Wachs, wie wir alle Metalle schmelzen, und zwar blo
durch Zurückhaltung der Kohlensäure unter einem heftigen Drucke.

§. 46. (Atmosphäre Merkurs.) Um wieder zu den Phasen Merkur
zurückzukehren, so muß noch bemerkt werden, daß man sie zwar in un
sern besten Fernröhren sehr deutlich und unbezweifelt als solche erkenn
daß aber doch die Grenzen derselben, dort wo sie die dunkle Seite de
Planeten berühren, immer unbestimmt und gleichsam verwachsen sind
Man hat die Ursache davon zuerst darin gesucht, daß Merkur imme
dem Lichte der Sonne zu nahe und von uns nur in kleinen Höhen übe
dem Horizonte gesehen wird, wo unsere Luft noch zu dicht und mi
fremdartigen Dünsten gemischt ist. Allein Schröter erkannte bald, da
der wahre Grund dieser Erscheinung nicht in unserer, sondern vielmeh
in der Atmosphäre Merkurs zu suchen ist. Er hatte nämlich öfter ein
zelne Gegenden der Oberfläche dieses Planeten sich plötzlich aufhellen un
nach einiger Zeit wieder verdunkeln sehen, und er schloß daraus, da
dieß Wolken sind, die über diesen Planeten hin ziehen. Da sich nu
Wolken ohne ihren Träger, die Atmosphäre, nicht denken lassen, so wa
dadurch auch die Existenz der Atmosphäre Merkurs nachgewiesen. D
aber eine solche, ihrer Natur nach, in den untern, dem Planeten näher
Schichten, immer dichter seyn muß, und da die Lichtgränze jener Phase
diejenigen Gegenden des Planeten bezeichnet, für welche die Sonne eb
auf- oder untergeht, so war daraus jene Unbestimmtheit der Lichtgränz
auf eine eben so leichte als genügende Weise zu erklären.

§. 47. (Rotation Merkurs.) Eigentliche Flecken, wie bei der Sonne
konnte Schröter auf der Oberfläche Merkurs nicht finden, weil vielleich
das zu nahe Licht der Sonne sie uns zu sehen hindert. Sonach wäre e
also auch unmöglich gewesen, über die Rotation dieses Planeten un
seine Axe irgend etwas festzusetzen. Allein die eben erwähnte Beobach
tung der nur unbestimmt begrenzten Phasen, die Schröter sehr lang
fortsetzte, gab ihm Gelegenheit, in ihnen selbst ein Mittel zu finden
die Rotation des Planeten zu erkennen. Er fand nämlich, daß die ein
Spitze des sogenannten Horns des beleuchteten Theils seiner Gestalt, sic
nach einer regelmäßigen Periode ändere, was wahrscheinlich von große
Gebirgen in der Nähe des einen Pols verursacht wird, und indem e
diese Periode genau zu bestimmen suchte, fand er, daß sich Merkur i
der That um seine Axe drehe, und zwar sehr nahe in derselben Zeit
in welcher auch die Erde sich um sich selbst bewegt, so daß also die Tag
Merkurs mit den unsern nahe von gleicher Dauer sind.

§. 48. (Jahreszeiten auf Merkur.) Wenn aber auch sonach die Ta
geszeiten auf diesen beiden Planeten nur wenig verschieden sind, so sin
es dafür die Jahreszeiten desto mehr. Zwar nicht an ihrer Intensitä
oder in ihrem gegenseitigen Verhältnisse, denn diese hängt, wie wir obe
(I. Cap. VII.), gesehen haben, von der Neigung der Bahn des Planete
gegen seinen Aequator oder von der sogenannten Schiefe der Ekliptik a
(I. §. 85.), und *diese* ist bei Merkur, wo sie 20 Gr. beträgt, nur weni
von dem bei uns verschieden, wo sie gleich 23 Gr. 28 Min. ist. Allei
die Schnelligkeit des Wechsels dieser Jahreszeiten ist dort viel größer
als hier, dort, wo jede der vier Jahreszeiten nur drei Wochen, ode

Digitized by Google

näher 22 Tage dauert, während sie bei uns 91 Tage, also mehr als viermal so lange währt. Dieser schnelle Wechsel der Temperatur wird vielleicht auf der Oberfläche Merkurs eine Art von immerwährendem Frühlingswetter hervorbringen, wenn nicht die Zeit der Anwesenheit der Sonne bei Tag wegen ihrer großen Nähe eine zu starke Hitze erzeugt, die von der darauf folgenden Nacht nicht wieder völlig abgekühlt werden kann. Wenn man bedenkt, welche wichtige Rolle das Licht schon auf unserer Erde spielt, so darf man auch voraussetzen, daß die Sonne auf dem von ihr vorzüglich begünstigten Planeten nicht nur mit stärkeren Farben malt, sondern auch mit größerer Kraft in sein Inneres dringt, und daß schon aus diesem Grunde die Pflanzen und Thiere, welche diesen Planeten bedecken, von denen unserer Erde ungemein verschieden seyn werden.

§. 49. (Hohe Berge auf Merkur.) Noch mag bemerkt werden, daß Schröter auf dem Merkur sehr hohe Berge entdeckte, die sich in Zügen von 40 und 60 Meilen Länge hinziehen. Die größten derselben sollen eine Höhe von 58000 Fuß, also mehr als die doppelte Höhe der größten Berge der Erde haben. Die meisten und höchsten dieser Berge findet man bei diesem sowohl als auch bei allen andern Planeten, auf der südlichen Hemisphäre. Es ist möglich, daß sie zur Milderung der hohen Temperatur, die auf der Oberfläche Merkurs herrschen mag, nicht wenig beitragen.

§. 50. (Vorübergänge Merkurs vor der Sonnenscheibe.) Wenn dieser Planet zur Zeit seiner untern Conjunction [in (3) der Fig. 39] nahe bei der Ekliptik, also auch nahe bei seiner Knotenlinie (s. Bd. I.) ist, so sieht man ihn als einen kleinen, runden, schwarzen Flecken vor der Sonnenscheibe vorübergehen. Man nennt dieß einen Durchgang des Planeten. Der scheinbare Durchmesser desselben wird dann von der Erde unter dem Winkel von 12 Sec. gesehen. Bei der gegenwärtigen Lage seiner Knoten können diese Durchgänge nur in den beiden Monaten Mai und November statt haben. Kepler kündigte der erste aus den von ihm selbst entworfenen Tafeln dieses Planeten einen solchen Durchgang für das Jahr 1631 an, den auch Gassendi am 7. Nov. dieses Jahrs in Paris beobachtete. Seit dieser Epoche sind viele solche Durchgänge gesehen worden. Sie kommen gewöhnlich in Perioden von 13, genauer von 26 oder auch 46 Jahren wieder und dienen den Astronomen zur Correction der Elemente (s. Bd. I.) dieses Planeten, oder zur Verbesserung seiner Tafeln. Das folgende Verzeichniß gibt die nächstfolgenden sichtbaren Durchgänge dieses Planeten. Die zweite Columne enthält die mittl. Par. Zeit der Conjunction oder den Augenblick, in welchem der Mittelpunkt der Sonne und des Planeten von der Erde gesehen dieselbe Länge haben; die dritte gibt die Zeit der Mitte des Durchgangs, die vierte die halbe Dauer desselben und die fünfte die kürzeste Distanz der beiden Mittelpunkte der Sonne und des Merkurs.

Digitized by Google

	Conjunction.	Zeit der Mitte.	Halbe Dauer.	Kürzeste Distanz.
1835	7. Nov. 7 h 57′ Ab.	8h 22′	2 h 34.′9	0° 5′37″ Südl.
1845	8 Mai 8 4	7 42	3 22.5	0 8 58 Nördl.
1848	9. Nov. 1 47	1 59	2 41.5	0 2 36 N.
1861	12. Nov. 17 30 Morg.	19 29	2 0.4	0 10 52 N.
1868	5. Nov. 16 53 Morg.	19 27	1 45.6	0 12 20 S.
1878	6. Mai 6 48 Ab.	7 5	3 53.5	0 4 39 N.
1881	8. Nov. 12 47 Morg.	13 9	2 39.1	0 3 57 S.
1891	10. Mai 12 54 Morg.	14 23	2 34.3	0 12 21 S.
1894	10. Nov. 6 36	6 46	2 37.6	0 4 20 N.

Die Fig. 40 stellt die verschiedenen Wege dar, welche Merkur während den dreizehn Durchgängen desselben, die in dem Jahrhundert von 1800 bis 1900 statt haben, auf der Sonnenscheibe beschreibt. Um aber auch die Erscheinungen eines solchen Durchgangs für verschiedene Punkte der Erdoberfläche darzustellen, so sieht man in Fig. 41 und 42 alle Umstände, wie sie für den Durchgang Merkurs am 4ten Mai 1786 vorausberechnet, und auch durch die nachfolgenden Beobachtungen vollkommen bestätiget worden sind.

Da der Beobachter einer solchen Erscheinung den Punkt des Sonnenrandes kennen muß, wo der Eintritt Merkurs statt hat, um sein Auge auf ihn zu richten und ihn gleich anfangs zu erblicken, so müssen die Astronomen diesen Punkt vorher berechnen. Dieß gibt für unseren Durchgang des Jahrs 1786 die Fig. 41. In ihr ist AB der Weg Merkurs über die Sonnenscheibe ADBE und DE der Vertikalkreis des Sonnenmittelpunkts O, oder D ist der höchste und E der tiefste Punkt der Sonne, welche zwei Punkte jeder Beobachter nach dem Augenmaße leicht schätzen kann. Durch die Rechnung würde der Bogen DA = 36 und DB = 30 Grad für den Horizont von Wien gefunden, so daß also ein Beobachter in dieser Stadt bei dem Eintritt sein Auge auf den Punkt A oder 36° östlich, und bei dem Austritt auf den Punkt B oder 30° westlich von dem höchsten Punkt der Sonne D richten mußte.

Ueberdieß muß aber auch die Zeit bekannt seyn, wann dieser Ein- und Austritt statt haben soll. Die Rechnung zeigte, daß für Wien der Eintritt A um 3 Uhr 18 Min. Morgens wahre Zeit
die Mitte in C um 5 57
und der Austritt in B um 8 37
statt haben würde. Da aber die Sonne am 4ten Mai für Wien erst um 4 Uhr 42 Min. aufgeht, so kann Wien den Eintritt Merkurs nicht sehen, sondern dieser Planet erscheint für die Bewohner dieser Stadt beim Aufgange der Sonne bereits in dem Punkte m der Sonnenscheibe, da er schon 1 St. 24 M. vor Sonnenaufgang eingetreten ist. Der übrige größere Theil der Erscheinung aber bis zum Austritt oder zum Ende derselben ist allerdings für Wien sichtbar.

Um aber die Erscheinungen dieses Durchgangs im Allgemeinen für die ganze Erde zu bestimmen, wird die Fig. 42 dienen, die ebenfalls durch Rechnung gefunden worden ist, durch eine Rechnung, die zwar für einen in diesen Dingen nur einigermaßen Geübten nicht schwer ist, hier

Digitized by Google

aber ohne Umständlichkeit doch nicht gut näher angegeben werden kann. Diese Fig. 42 stellt die zwei Hemisphären der Erde dar. Nebst dem Aequator und den beiden Wende- und Polar-Kreisen sieht man auf dieser Karte noch vier andere größere Kreise der Kugel verzeichnet. Der erste derselben ist abf oder eigentlich nur der Bogen ab in der einen, und das dazu gehörige Stück ad in der andern Hemisphäre, und dieser Bogen bad geht, wie seine Aufschrift zeigt, durch alle diejenigen Punkte der Erde, welche den Eintritt Merkurs bei ihrem Sonnenaufgang sehen. Daraus folgt, daß alle Orte der Erde, die in den punktirten Theilen abe und ade der beiden Halbkugeln liegen, den Durchgang ganz, von seinem Anfang bis zu seinem Ende, sehen werden. Diese zwei Theile sind auch in der That von den beiden Bogen eingeschlossen, die den Eintritt bei dem Aufgang und den Austritt bei dem Untergang der Sonne geben. In den beiden anderen Theilen abg und agd aber geht die Sonne während dem Merkursdurchgang auf, und alle diese Länder sehen daher den Eintritt nicht, aber dafür desto mehr von den letzten Erscheinungen des Durchgangs, je näher sie bei dem Bogen ab liegen. Hieher gehört, wie man sieht, nicht nur Wien, sondern beinahe auch ganz Europa und Afrika. Diese beiden Theile sind daher durch eigene Linien schattirt worden. In den beiden folgenden Theilen bef und def aber sind diejenigen Länder enthalten, für welche die Sonne inzwischen untergeht, und die daher nur das Ende der Erscheinung gar nicht, aber dafür von dem Anfange desto mehr sehen, je weiter sie von dem Bogen df entfernt sind. Diese Gegenden der Erde sind zum bessern Unterschiede in der Zeichnung dunkler, als die übrigen gehalten worden. Der noch übrige, in der Zeichnung weiß gelassene Theil fgb und fgd endlich sieht von der ganzen Erscheinung des Durchgangs gar nichts, da für alle in df liegenden Orte der Erde Merkur bei Sonnenuntergang erst eintritt und in dg schon wieder bei Sonnenaufgang austritt.

Die beiden Ein- und Austrittskreise schneiden sich, nördlich in d und südlich in b, der Punkt d liegt bei der Baffinsstraße, und hier tritt also Merkur bei Sonnenuntergang ein und am folgenden Morgen bei Sonnenaufgang aus. Der Punkt b aber liegt im südlichen Eismeer, und für diesen Ort tritt Merkur bei Sonnenaufgang ein und bei Sonnenuntergang aus. Derjenige Punkt der Erde, welcher den Eintritt von allen zuerst sieht, ist A an der Küste von Lappland, und er sieht diesen Eintritt bei Sonnenaufgang. Der Punkt C aber, im atlantischen Meer sieht unter allen Punkten der Erde den Austritt zuletzt bei seinem Sonnenaufgang. Eben so sieht der Punkt B im Südmeer den Eintritt zuletzt bei Sonnenuntergang, und der Punkt D endlich im stillen Meer den Austritt zuerst bei Sonnenuntergang. Zur Zeit des Eintritts steht die Sonne über dem Punkt E bei den Marianischen Inseln senkrecht, und zur Zeit des Austritts steht sie im Zenith des Punktes F im Persischen Meerbusen. Dieser Durchgang ist daher in seiner ganzen Dauer sichtbar in dem größten Theil von Asien, in den Molukken, Philippinen, Neuholland, Neuguinea und im europäischen Rußland, Finnland und Lappland. Während dem Durchgang geht die Sonne auf im übrigen Europa, Afrika, Arabien, in Island und Grönland; unter aber geht sie in den westlichen Gegenden von Nordamerika und auf den Inseln des stillen Meeres. Der übrige Theil von Nordamerika und ganz Südamerika endlich sieht von diesem Phänomen gar nichts.

Bei dieser Veranlassung wollen wir zugleich sehen, auf welche Weise die Astronomen die ähnlichen Erscheinungen einer Sonnenfinsterniß auf der Oberfläche der Erde darzustellen pflegen. — Wir haben bereits oben

Digitized by Google

(I. §. 175) gesagt, daß verschiedene Orte der Erde dieselbe Finsterniß auf sehr verschiedene Art und mehrere derselben auch wohl gar nicht sehen können. Wenn nämlich (in Fig. 43) S den Mittelpunkt der Sonne, L des Mondes und T der Erde bezeichnet, und wenn man die zwei Tangenten AbD und aBD zieht, welche Sonne und Mond auf derselben Seite berühren, so wird BDb den Schattenkegel vorstellen, welchen der Mond zur Zeit des Neulichtes auf die Erde wirft. Dieser Schatten begegnet der Oberfläche der Erde, wenn er sie überhaupt erreicht, in einem Kreise mon, dessen Durchmesser mn ist. Alle Orte der Erde, welche von diesem Kreise getroffen werden, sehen eine totale Sonnenfinsterniß, oder die Sonne wird ihnen, zur Zeit der größten Finsterniß, ganz unsichtbar seyn. — Zieht man aber noch die zwei Tangenten ABC und abc, welche Sonne und Mond auf entgegengesetzten Seiten berühren, und läßt man auch diese Tangenten sich um beide Körper drehen, so werden sie ebenfalls einen Kegel cGC beschreiben, dessen Spitze in G, zwischen Sonne und Mond ist, während die Spitze D des ersten Kegels BDb außerhalb jenen zwei Körpern liegt. Dieser zweite Kegel cGC wird die Oberfläche der Erde wieder in einem Kreise schneiden, dessen Durchmesser Cc ist, und alle Orte der Erde, welche in diesem Kreise liegen, werden die Sonne wenigstens zum Theil verfinstert, oder sie werden eine partielle Finsterniß und zwar eine um so größere sehen, je näher diese Orte an dem Kreise mn liegen. Alle außer dem Kreise Cc liegenden Orte der Erde aber werden von dieser Finsterniß gar nichts sehen.

Man pflegt den Durchmesser der Sonne in 12 gleiche Theile, die man Zolle nennt, zu theilen. Wenn nun der Ort in 3 eben drei Zolle oder den vierten Theil der Sonne zur Zeit seiner größten Finsterniß verdunkelt sieht, so sagt man, dieser Ort hat eine Finsterniß von 3 Zollen. Und eben so haben die Orte 6, 9.. eine Finsterniß von 6, 9.. Zollen, oder sie sehen die Sonne an ihrem nördlichen oder auch an ihrem südlichen Rand um 6, 9.. Zolle verdunkelt.

Es handelt sich nun darum, durch Rechnung zu bestimmen, welches diejenigen Orte der Erde sind, die für einen jeden gegebenen Augenblick eine totale oder auch eine partiale Finsterniß von 11, 10, 9.. Zollen als ihre größte Verfinsterung sehen. Da nämlich während der ganzen Dauer der Finsterniß die Erde nicht stille steht, sondern eine doppelte Bewegung hat, die eine jährliche um die Sonne S und die andere tägliche um ihren eigenen Mittelpunkt T, so wird z. B. der Punkt r, oder der Mittelpunkt des vollen Schattenkreises mno für jeden Augenblick eine andere Stelle auf der Oberfläche der Erde einnehmen, oder dieser Punkt wird irgend eine krumme Linie rR auf der Erde beschreiben, und eben so werden alle Punkte der Erde, welche eine größte Verfinsterung von 3 oder 9 Zollen sehen, eine andere krumme Linie 3. III. oder 9. IX. bilden u. s. f. Da hier nicht der Ort seyn kann, diese Berechnungen umständlich anzuführen, so mag es genügen, die Resultate derselben an einem Beispiele zu zeigen. Ich wähle dazu die Sonnenfinsterniß des 4ten Junius 1788. Die Fig. 44 zeigt die Erscheinungen derselben für die Erde während der ganzen Zeit ihrer Dauer.

Da die Sonne in ihrer Bahn stündlich $2'/_2$, und der Mond in seiner 33 Minuten von West gen Ost zurücklegt, so wird man sich die Betrachtung sehr erleichtern, wenn man nicht diese beiden Gestirne beweglich annimmt, sondern die Sonne unbeweglich voraussetzt, und dafür dem Monde in seiner Bahn ELF (Fig. 43) stündlich um die Differenz jener zwei Größen oder um $30'/_2$ Min. von West gen Ost fortgehen läßt, wodurch

offenbar in den Erscheinungen nichts geändert werden kann. Daraus folgt sofort, daß der Weg des Mondschattens über die Erde von West gen Ost hinzieht, und daß für die beiden Orte der Erde, welche unter allen die Finsterniß zuerst und zuletzt sehen, der erste, westliche die Sonne eben aufgehen, und der zweite östliche eben untergehen sieht.

So geht denn auch bei unserer Finsterniß Fig. 44 der Weg BSD des vollen Schattens oder der totalen Verfinsterung von Westen am grünen Vorgebirg B bis nach dem östlichen Punkt D bei den Philippinischen Inseln. Nördlich von diesem dunklen Streifen sieht man drei andere krumme Linien, welche durch diejenigen Orte der Erde gehen, die die Sonne an ihrem südlichen Rand um 9, 6, 3 Zolle verfinstert sehen, so wie die drei ähnlichen krummen Linien südlich von BSD die Sonne an ihrer Nordseite um 9, 6, 3 Zolle verfinstert sehen. Die beiden äußersten dieser krummen Linien, GH und IK sehen eben nur eine Berührung der beiden Ränder der Sonne und des Monds. Zu den beiden Endpunkten aller dieser Linien sieht man zwei Ovalen GLIM und HPKQ, welche durch die Orte gehen, die den Anfang und das Ende der Finsterniß bei ihrem Sonnenauf- oder Untergang sehen. Noch sind die drei Bogen RS, TU und VW verzeichnet worden, wodurch diejenigen Orte gehen, welche um 6 Uhr Morgens, um 12 Uhr und um 6 Uhr Abends die Sonne und den Mond in einer und derselben Länge sehen. Der Ort der Erde aber, der unter allen auf der Erde die Finsterniß zuerst sieht, ist in A auf der Südwestküste von Guinea, so wie E auf der Halbinsel Malacca die Finsterniß unter allen zuletzt sieht. Bemerken wir noch folgende Hauptmomente dieser Erscheinung. — Zu einer vollständigen Kenntniß derselben ist es nicht genug, alle die Orte der Erde zu kennen, welche eine totale oder auch eine partielle Finsterniß von gegebener Größe, z. B. von 3, 6, 9 Zollen, sehen, sondern man muß auch noch die Zeiten kennen, wann dieß für jeden einzelnen Ort statt hat. Durch eine sehr einfache Rechnung findet man für unsere hier als Beispiel gewählte Finsterniß, daß der Anfang derselben statt hat, wenn es am 4ten Junius in Wien 7 Uhr 28 Min. Morgens ist. In diesem Augenblicke sieht also der oben angeführte Ort A die Finsterniß überhaupt anfangen. Die totale Finsterniß aber sieht der Ort B von allen zuerst anfangen, wenn es in Wien 8 U. 25 M. wahre Zeit ist. Eben so sieht der Ort D das Ende der totalen Finsterniß um 11 U. 48 M. und der Ort E das Ende der allgemeinen Finsterniß um 12 U. 46 M., so daß also die Dauer der totalen Finsterniß 3 St. 23 M. und das der allgemeinen 5 St. 18 M. ist. Ganz auf ähnliche Weise kann man nun auch für alle Punkte der oben erwähnten krummen Linien BD, GH, IK u. s. w. die Zeiten bestimmen, wann für sie die ihnen zukommende größte Verfinsterung von 3, 6, 9.. Zollen eintritt, und dieß ist es auch, was gewöhnlich in unseren Kalendern und astronomischen Ephemeriden für diejenigen größeren Städte der Erde angegeben wird, wo man Beobachter der Finsterniß voraussetzen kann, die also auch den Anfang derselben wenigstens beinahe kennen müssen, damit sie zur rechten Zeit an ihre Fernröhre treten können. So hat man für unsere Finsterniß folgende Orte bestimmt, wo die ihnen beigesetzten Zeiten schon nach dem Meridian dieser Orte genommen, also sogenannte Ortszeiten sind.

	Anfang	Ende	Größe der Finsterniß.
Amsterdam	7 U. 41 M. . .	9 U. 30 M. . .	$4'/_{10}$
Berlin	8 19 . . .	10 16 . . .	$5'/_{10}$
Constantinopel	9 7 . . .	11 48 . . .	$9'/_{10}$

Digitized by Google

	Anfang			Ende			Größe der Finsterniß.
Hamburg	8	9	. . .	9	58	. . .	$4^{8}/_{10}$
Königsberg	9	0	. . .	11	0	. . .	$4^{9}/_{10}$
Lissabon	6	15	. . .	8	7	. . .	$6^{5}/_{10}$
London	7	18	. . .	9	2	. . .	$8^{8}/_{10}$
Madrid	6	43	. . .	8	36	. . .	$6^{7}/_{10}$
Neapel	7	50	. . .	10	19	. . .	$8^{8}/_{10}$
Paris	7	21	. . .	9	14	. . .	$5^{1}/_{10}$
Petersburg	9	58	. . .	11	42	. . .	$3^{7}/_{10}$
Wien	8	24	. . .	10	32	. . .	$6^{3}/_{10}$

Dieß wird genügen, dem Leser eine Idee von der Weise zu geben, wie die Astronomen alle Erscheinungen einer künftigen Finsterniß mit der größten Genauigkeit voraus anzugeben pflegen, wenn es gleich in einer Schrift dieser Art unmöglich ist, diese Rechnungen selbst umständlich anzuführen, deren Verläßlichkeit übrigens auch dem mit diesem Gegenstande Unbekannten nicht weiter zweifelhaft seyn kann, da jedes Jahr und jede beobachtete Finsterniß die Richtigkeit dieser Berechnungen, die selbst viele Jahre vorher gemacht worden sind, auf das vollständigste bestätigen.

Kapitel III.

Venus.

§. 51. (Namen und Zeichen dieses Planeten.) Obschon jeder Planet, wie wir bald sehen werden, in Beziehung auf die Erde sein Eigenthümliches hat, so zeichnet sich doch keiner durch so viele besondere Eigenschaften aus, als Venus. Er ist der hellste und schönste unter allen Planeten; er kömmt der Erde am nächsten; seine von der Erde gesehene Geschwindigkeit ist die größte; er war wahrscheinlich der erste, dessen schnelle Bewegung uns zeigte, daß es außer den fixen Gestirnen des Himmels noch andere, daß es eigentliche Planeten gebe, und er ist auch derjenige, der uns zuerst die wahre Entfernung der Sonne von der Erde, und dadurch den Maßstab kennen gelehrt hat, mit welchem wir nun alle Räume unseres Sonnensystems ausmessen.

Man erkennt ihn sehr leicht an seinem blendend weißen und intensiven Lichte, wodurch er uns in günstigen Umständen sogar bei Tage sichtbar wird. In der That ist er, nebst dem Monde, der einzige Himmelskörper, den man ohne Fernröhre mit der Sonne zugleich sehen kann, und, obschon man ihn immer nur, wie Merkur, in der Nähe der Sonne, also nur in den Strahlen der Morgen- oder Abend-Dämmerung erblickt, so ist doch sein Licht so stark, daß er, unter günstigen Verhältnissen, vor dem Aufgange oder nach dem Untergange der Sonne einen erkennbaren Schatten wirft. Aus derselben Ursache ist er durch lichtstarke Fernröhre nur schwer gut und rein begränzt zu sehen, weil sein helles Licht das

Digitized by Google

Auge blendet und jede kleine Unvollkommenheit des Fernrohrs vergrößert, vielleicht auch, weil er mit einer sehr dichten Atmosphäre umgeben ist, die seinen Rand sowohl als auch die Gränzen seiner Phasen undeutlich macht.

Durch die Helligkeit seines Lichtes fiel er schon den Alten besonders auf. Er ist der einzige unter den Planeten, der in den ältesten der auf uns gekommenen Gedichte erwähnt wird. Homer nennt ihn (Iliad. XXII. 318) den Schönsten, καλλιστος:

„Hell wie der Stern vorstrahlt in dämmernder Stunde des Abends,
„Hesperus, der der Schönste erscheint von den Sternen des Himmels."

Diese Benennung „Hesperus oder Vesperugo (Abendstern)" erhielt er, weil man ihn wahrscheinlich zuerst als einen Wandelstern zu der Zeit erkannte, wann er in den Abendstunden am westlichen Himmel sichtbar wurde. Einen ähnlichen hellen Stern bemerkte man bald auch in den Morgenstunden an der Ostseite des Himmels, daher man diesen Phosphorus, Lichtbringer oder Morgenstern, nannte. Es war vielleicht keine kleine Aufmerksamkeit nöthig, zu erkennen, daß beide Sterne nur einer und derselbe sind. Man sagt, daß Pythagoras die Identität dieser beiden Gestirne zuerst erkannt habe. Uebrigens haben wir schon bemerkt, daß Merkur dieselben Ansprüche auf eine solche Doppelbenennung hat, da beide Planeten als Abendsterne erscheinen, wenn sie in (2) (Fig. 39) auf der Ostseite der Sonne, und als Morgensterne, wenn sie in (4) auf der Westseite der Sonne stehen. Doch zog Venus, durch ihren hellern Glanz, die Aufmerksamkeit der Menschen besonders auf sich, und die Dichter der Griechen und Römer sind voll von dem Lobe ihrer Schönheit.

Qualis ubi oceani perfusus luciser undâ,
Quem Venus ante alios astrorum diligit ignes,
Extulit os sacrum coelo tenebrasque resolvit.
Aen. VIII. 589.

Die neueren Dichter, die sonst mit dem gestirnten Himmel weniger bekannt zu seyn scheinen, da sie beinahe nur von Wein und Liebe singen, fanden doch diesen Planeten selbst für sie noch zu auffallend, um ihn ganz aus ihrem Gebiete auszuschließen:

Friend to mankind, she glitters from afar,
Now the bright ev'ning, now the morning star.
Baker.

Dieselben Alten haben den Planeten auch verschiedene Zeichen gegeben, deren Bedeutung jetzt nicht mehr sehr leicht zu entziffern seyn möchte. In spätern Zeiten hat man diese Zeichen mit der Mineralogie und selbst mit der Alchymie in Verbindung gebracht, wo sich dann die Astrologen derselben bemächtigten und viel unsinnige Dinge darüber zu schwatzen wußten. Auf diese Weise wurde der Planet Merkur, wie bereits gesagt, mit dem Quecksilber gepaart, die beide, jener in der Astronomie, und dieser in der Mineralogie, das Zeichen ☿ erhielten, wodurch der Stab vorgestellt werden sollte, mit welchem der Gott Merkur die Geister der abgeschiedenen Menschen der Unterwelt zuführt. Venus erhielt das Zeichen ♀, eines Spiegels mit einer Handhabe, des nothwendigsten Attributs einer Göttin der Schönheit. In der Mineralogie wird dadurch das Kupfer bezeichnet, und wahrscheinlich wurden auch die ersten Spiegel der Alten aus diesem Metalle verfertigt. Mars, der

Digitized by Google

Gott des Krieges, erhielt das Symbol ♂ des Pfeiles mit dem Schilde, das zugleich das Eisen, das dem Krieger unentbehrlichste Metall, bezeichnet. Jupiter wurde durch ♃ angedeutet, welche Figur in der ältesten Schreibart der erste Buchstabe des griechischen Wortes Ζευς gehabt haben soll. Welchen Zusammenhang der Gott der Götter mit dem Zinne haben soll, mögen die Mineralogen entscheiden. — Saturn erhielt das Zeichen ♄, einer Sichel oder Sense, da dieser Gott die alles abmähende Zeit vorstellen sollte. Das Blei mag dasselbe Zeichen erhalten haben, weil die blasse Farbe dieses Planeten einige, obwohl nur sehr entfernte Aehnlichkeit mit der Farbe dieses Metalls hat. Das Zeichen der Erde ♁ endlich, eine Kugel mit einem darüber stehenden Kreuze, bezieht sich auf die Erlösungsgeschichte, und das des Uranus ♅ auf gar nichts. Von den vier neuen Planeten ist die Sichel ☽ das Symbol der fruchtbringenden Ceres; die Lanze ♆ das der kriegerischen Pallas; das Zepter ☿ gehört der königlichen Juno, und endlich der Altar ⚶, ist das Emblem der Vesta, welcher zu Ehren die Alten ein immerwährendes Feuer unterhielten.

§. 52. (Andere, ältere astronomische Benennungen der Sternbilder.) Ohne Zweifel hatten auch die übrigen in der Astronomie eingeführten Zeichen einen nähern Zusammenhang mit den Verhältnissen und den Zeiten, unter welchen sie erfunden worden sind. So scheint z. B. von den Zeichen des Thierkreises (I. §. 53) der Widder ♈ die Hörner, der Stier ♉ den Vorderkopf dieses Thieres, der Wassermann ♒ die wellenschlagende Bewegung des Wassers u. s. anzudeuten. Manche andere mögen mit der Zeit entstellt oder gänzlich unkenntlich geworden seyn. Es scheint, daß diese Zeichen und Benennungen der Sternbilder des Thierkreises dem grauesten Alterthume angehören, und daß wir vielleicht kein älteres Monument besitzen, als eben sie. Man hat darüber Untersuchungen und Vermuthungen in Menge aufgestellt, und ganze Bibliotheken geschrieben, ohne eben dadurch den Gegenstand sehr gefördert zu haben. Dupuis, Bailly u. a. wollten sie mit religiösen Institutionen der alten Völker und mit der Culturgeschichte derselben in Verbindung bringen, das Alter der Erde daraus ableiten, und was dergleichen Bemühungen mehr sind, die alle ohne Erfolg blieben, und wahrscheinlich auch ferner bleiben werden, da diese Denkmäler der Vorzeit selbst zu unbestimmt sind, um nur einigermaßen sichere Schlüsse darauf zu bauen. Einige derselben scheinen sich in der That auf den Zustand des Himmels zu der Zeit, wo sie erfunden wurden, zu beziehen. So meint Laplace, daß der Krebs und der Steinbock das Rückgehen der Sonne zur Zeit ihrer Solstitien, so wie die Wage die Gleichheit der Tage und Nächte zur Zeit der Aequinoctien angezeigt haben könnten. Der Steinbock aber, der jetzt den tiefsten Punkt der Ekliptik einnimmt, wurde nach Laplace wahrscheinlich auf den höchsten Punkt derselben gestellt, weil man dieses Thier nicht in den Schluchten, sondern immer nur auf den höchsten Gipfeln der Felsen findet. Wenn aber diese Vermuthung des großen Geometers richtig ist, so muß dieß zu einer Zeit geschehen seyn, die wenigstens 15000 Jahre vor die unsere fällt, wie man durch die oben (I. §. 190. 194) erklärte Präcession der Nachtgleichen leicht finden kann. Zu dieser Epoche fiele dann auch das Sternbild der Wage, die jetzt in der Nähe des Herbstpunktes ist, in das Frühlingsäquinoctium, und beinahe alle übrigen Zeichen des Thierkreises erhielten dann eine auffallende Beziehung zu dem Klima und der Agricultur des alten Aegyptens, in welchem Lande diese Zeichen und Benennungen erfunden seyn sollen. Ohne dieser Ansicht widersprechen zu wollen, da man sie eben so wenig beweisen als

Digitized by Google

widerlegen kann, bemerken wir nur, daß unsere nur etwas verläßliche Menschengeschichte nicht älter als vier Jahrtausende angenommen werden kann, und daß alles, was jenseits dieser Epoche geschehen seyn mag, für uns nichts als Mythe und undurchdringliche Dunkelheit ist.

§. 53. (Entfernung und Umlaufszeit der Venus.) Venus ist im Mittel 0.723 Halbmesser der Erdbahn oder 15 Millionen Meilen von der Sonne entfernt. Die Excentricität ihrer Bahn ist die kleinste, oder diese Bahn ist die kreisförmigste von allen, daher sie auch beinahe immer in derselben Entfernung von der Sonne bleibt, während im Gegentheile die Distanzen Merkurs von der Sonne über zwei Millionen Meilen von einander verschieden seyn können. Desto mehr sind dafür die Entfernungen der Venus von der Erde unter einander verschieden. In der untern Conjunction (3) [Fig. 39], wo sie der Erde am nächsten ist, beträgt diese Distanz nur fünf Millionen Meilen: in der obern Conjunction (1) aber, oder in ihrer größten Distanz, ist sie siebenmal weiter, oder 35 Millionen Meilen von der Erde entfernt. Aus dieser Ursache ist auch ihre scheinbare Größe so sehr verschieden. In der untern Conjunction erscheint uns ihr Durchmesser unter dem Winkel von 66 Secunden, also größer, als irgend ein anderer Planet, selbst Jupiter und den Ring Saturns nicht ausgenommen. In der obern Conjunction aber, wo sie ihre beleuchtete Hälfte ganz der Erde zuwendet, ist doch ihr Licht nur schwach, und ihr Durchmesser beträgt kaum 10 Secunden, so daß uns also Venus hier selbst kleiner als Merkur, nur halb so groß als Saturn, und fünfmal kleiner als Jupiter erscheint.

Der wahre Durchmesser dieses Planeten aber beträgt 1680 Meilen, ist also nur unbedeutend kleiner als jener der Erde. Die Oberfläche der Venus hat 8376000 Quadratmeilen, ist daher nahe gleich $^9/_{10}$ der Oberfläche der Erde. Das Volum derselben endlich beträgt 2230 Millionen Kubikmeilen oder $^9/_{10}$ des Volums der Erde.

Die siderische Umlaufszeit (I. §. 100) der Venus um die Sonne beträgt 224.701 Tage, die tropische 224.595 und die synodische (I. § 124) endlich 583.921 Tage. Mit dieser Bewegung legt sie in jeder Secunde einen Weg von 111500 P. Fuß oder von 4.9 d. Meilen zurück. Die Masse dieses Planeten beträgt $^9/_{10}$ der Erdmasse, und die Dichte dieser Masse ist nur unbedeutend größer, als die der Erde. Der Fall der Körper auf dieser Oberfläche endlich beträgt in der ersten Secunde 15.87 Fuß, also nur 0.7 Fuß mehr, als bei uns.

Man sieht aus allem Vorhergehenden, daß die Venus ein unserer Erde nahe verwandter Planet ist, indem die bisher aufgezählten Eigenschaften derselben von denen unserer Erde nur wenig verschieden sind. Doch fehlt es auch nicht an Unähnlichkeiten, wie wir bald näher sehen werden.

§. 54. (Phasen der Venus.) Es ist für sich klar, daß Venus uns eben solche Lichtabwechslungen zeigen muß, wie Merkur, und zwar noch viel auffallendere, weil sie uns oft so viel näher ist. Die Figur 39 kann unverändert auf die Phasen beider Planeten angewendet werden, und was oben (II. §. 45) in dieser Beziehung von Merkur gesagt worden ist, gilt ebenfalls für Venus. Die Phasen des letzten Planeten bemerkt man schon mit einem sehr mittelmäßigen Fernrohre, daher sie auch Galilei gleich nach der Entdeckung dieses Instruments erkannte, und dadurch einen neuen, Jedermann einleuchtenden Beweis für die Wahrheit des Copernicanischen Weltsystems gab. (I. §. 113.)

§. 55. (Größte Sichtbarkeit der Venus.) Auch Venus entfernt sich nie stark von der Sonne, oder sie wird immer nur in der Nähe der

Digitized by Google

Sonne gesehen. In ihrer größten Digression steht sie nahe 48 Grade von derselben östlich oder westlich ab. Allein dieser bedeutenden Entfernung von dem Sonnenlichte ungeachtet leuchtet sie doch zur Zeit ihrer größten Digression so wenig als Merkur in ihrem stärksten Lichte, weil sie hier noch zu weit von uns entfernt ist. Noch weniger ist dieß der Fall zur Zeit der obern Conjunction, wo sie uns zwar ganz beleuchtet erscheint, wie der Mond im Vollichte, wo sie aber auch zugleich am weitesten von uns absteht. Der Ort ihrer Bahn, wo sie uns in ihrem hellsten Lichte erscheint, so daß man sie selbst mit unbewaffnetem Auge am Mittag sehen kann, liegt zwischen ihrer untern Conjunction und ihrer größten Digression, näher bei der letzten, oder nahe in dem Abstande von 40 Graden von der Sonne. In derselben Entfernung von der Sonne, aber auf der andern oder obern Seite ihrer Bahn, ist ihr Licht dreimal schwächer, obschon sie uns hier einen viel größeren Theil ihrer beleuchteten Hälfte zeigt, als dort, und ganz in der Nähe der obern Conjunction selbst leuchtet sie noch weniger, obschon sie hier ganz beleuchtet erscheint. Je näher Venus ihrer untern Conjunction kömmt, desto kleiner, desto sichelförmiger wird die Phase, die uns noch Licht von ihr zusendet, desto näher steht uns aber auch der Planet, und desto kräftiger kann sein Licht auf uns wirken. Man sieht sonach, daß es einen Punkt der Bahn geben muß, wo diese Wirkung des Lichtes am größten ist, und daß dieser Punkt weder in die obere Conjunction fallen kann, wo zwar Venus ganz beleuchtet, aber auch am weitesten von uns entfernt ist, — noch auch in die untere, wo der Planet zwar am nächsten bei uns steht, wo aber auch sein Licht gänzlich verschwindet, indem er hier nur seine dunkle Hemisphäre zur Erde wendet. Es ist ein interessantes Problem der Astronomie, diesen Ort des stärksten Lichtes der Venus zu bestimmen; die Auflösung desselben ist aber auch mit großen Schwierigkeiten verbunden, wenn man dabei auf alle Verhältnisse gehörig Rücksicht nehmen will. Nach dem Gesagten erscheint dieser Planet in seinem schönsten Lichte, wenn er 40 Grade östlich oder westlich von der Sonne entfernt ist, und dann beträgt sein scheinbarer Durchmesser, der in der untern Conjunction bis auf 66 Sec. gehen kann, nur etwa 40 Sec., und die größte Breite seiner beleuchteten Phase hat kaum 10 Sec., aber diese schmale Lichtsichel hat, wegen ihrer Nähe bei uns, ein so intensives Licht, daß sie um Mittag mit freien Augen gesehen werden, und daß sie sogar einen obwohl nur schwachen Schatten werfen kann. In diesem Falle fällt der hellglänzende Stern selbst dem gemeinen Manne auf, besonders wenn diese Zeit in die Abendstunden des Sommers trifft und von einer günstigen Witterung unterstützt wird. Nach Lambert's Berechnung ist dann das Licht der Venus nur 3000mal schwächer, als das des Vollmonds, und nahe gleich dem Schein einer Kerze in der Entfernung von 230 Fuß. Als Venus am 21sten Julius d. J. 1716 in dieser Lage war, betrachtete das Volk in London diese Erscheinung als ein Wunder und als ein drohendes Vorzeichen nahen Unglücks, und i. J. 1750 wurde der nicht minder unwissende Pöbel von Paris durch dieses Phänomen so aufgeregt, daß es nöthig wurde, die Hilfe der Polizei aufzurufen, um dem Tumulte Einhalt zu thun. Und doch ereignet sich dieselbe Sache wenigstens alle acht Jahre einmal in derselben Jahreszeit und unter denselben Verhältnissen.

Die dunkle Seite der Venus ist, besonders zu der Zeit, wo der beleuchtete Theil nur wie ein feiner Lichtfaden erscheint, von einem eigenen Lichtschimmer beleuchtet, wie der Mond in den ersten Tagen nach dem Neumonde (I. §. 165). Die Ursache dieser Erscheinung ist uns noch

Digitized by Google

unbekannt. Sie ist vielleicht in einem eigenen phosphorescirenden Lichte zu suchen, das der Oberfläche dieses und wohl auch noch mehrerer anderer Planeten eigenthümlich seyn mag.

§. 56. (Flecken und Atmosphäre der Venus.) Cassini und Bianchini wollen auf der Venus Flecken, denen unserer Sonne ähnlich, gefunden haben: allein Schröter konnte, seiner sorgfältigen und lang fortgesetzten Beobachtungen ungeachtet, keine dunklen Flecken, sondern nur zuweilen sehr schwache und bald vorübergehende Spuren von grauen, unsern Wolken ähnlichen Stellen sehen. Aber daß dieser Planet mit einer Atmosphäre, die der unsern an Dichtigkeit und Höhe nahe gleich ist, umgeben sey, hat Schröter durch dieselben Beobachtungen außer Zweifel gesetzt. Wenn nämlich unsere Erde keine Atmosphäre hätte, so würden wir auch keine Morgen- oder Abend-Dämmerung haben, und die dunklen Schatten der Nacht würden, im Augenblicke des Untergangs der Sonne, unmittelbar auf den hellen Tag folgen. Jetzt aber sendet die Sonne, auch wenn sie schon unter den Horizont gegangen ist, ihre Strahlen noch auf die höher über der Erde stehenden Luftschichten, von welchen sie wieder zu uns zurück gebrochen werden (Vergl. I. §. 188). Es ist klar, daß diese Dämmerung im Allgemeinen desto stärker seyn und desto länger dauern wird, je dichter und je höher die Atmosphäre ist. — Bei unserem Monde nun ist, wie jeder sogleich sieht, der ihn durch ein Fernrohr betrachtet, der helle Theil seiner Oberfläche von dem dunkeln sehr scharf getrennt, oder das Licht des einen geht plötzlich und ohne alle Abstufung in die Finsterniß des anderen Theiles über, zum Zeichen, daß er keine Dämmerung, also auch keine Atmosphäre, wenigstens keine beträchtliche und uns merkbare Atmosphäre haben kann. Auch verschwinden die Fixsterne, vor denen der Mond, auf seinem Wege um die Erde, vorbeigeht, sehr schnell, ohne zuerst an Licht allmählig verloren zu haben, und kommen eben so plötzlich auf der andern Seite wieder hervor. Dieß könnte nicht seyn, wenn der Mond eine Atmosphäre hätte, die, ihrer Natur nach, in größerer Nähe bei der Oberfläche dieses Körpers auch dichter und weniger durchsichtig seyn müßte. — Ganz anders verhält sich dieß bei der Venus. Das sonst blendend weiße Licht dieses Planeten verliert gegen die Nachtseite hin immer mehr von seiner Helle, und geht, nahe bei der Lichtgränze selbst, in eine mattgraue Farbe über, die sich oft weit über die Lichtgränze hinaus in die Nachtseite der Venus hineinzieht. Dieß sind aber die Gegenden, denen eben die Sonne untergegangen ist, oder für die sie eben aufgehen will, und die daher ihre Abend- oder Morgen-Dämmerung haben. Aus der Breite dieses dämmernden Streifens hat Schröter den Schluß gezogen, daß die Refraction (I. §. 186) an dem Horizonte der Venus nahe einen halben Grad beträgt, nahe so wie die Refraction, die wir auf unserer Erde beobachten. Auch verschwinden die Fixsterne, vor welchen dieser Planet vorbeigeht, nicht plötzlich an seinem Rande, wie bei dem Monde, sondern sie werden vielmehr immer schwächer, je näher sie seinem Rande kommen, oder je tiefer sie in die untern und daher dichtern Schichten der Atmosphäre dieses Planeten eintreten. Dadurch wird nicht bloß die Existenz der Atmosphäre der Venus, sondern auch ihre Aehnlichkeit mit derjenigen der Erde bewiesen, wenigstens in Beziehung auf ihre Dichte und Höhe, nicht aber in Rücksicht auf ihre andern Eigenschaften, die vielleicht mit denen unserer Luft nur wenig gemein haben. So haben wir zwar oben von Wolken gesprochen, die Schröter zuweilen über der Oberfläche der Venus gesehen hat: allein diese grauen Flecken sind so matt und lichtschwach, daß sie mehr leichten Dünsten oder Nebeln, als eigentlichen Wolken gleichen, und sie gehören

Digitized by Google

überdieß zu den sehr seltenen Erscheinungen. Die Bewohner dieses Planeten scheinen daher eine viel reinere Luft, einen viel heiterern Himmel zu genießen, als wir, und da es ihm an so starken Ausdünstungen fehlt, wie bei uns die Seen und Meere erzeugen, so mag es dort wohl auch an solchen großen Wasserbehältern fehlen und vielleicht alles in einem Zustande der Trockenheit oder der Krystallisation seyn, den wir ebenfalls auf unserm Monde bemerken.

§. 57. (Berge auf der Venus.) Die so eben erwähnte Lichtgränze der Venus nimmt nicht nur, in Beziehung auf ihr Licht, allmählig an Helligkeit ab, sondern sie geht auch, so wie wir dieß sehr deutlich bei unserm Monde bemerken, nicht regelmäßig in ihrer Krümmung fort, sie wird vielmehr häufig gebrochen und gleichsam ausgezackt. Besonders auffallend sieht man dieß an den beiden Enden der Lichtgränze, an den sogenannten Hörnern derselben, die bald viel zu tief in die dunkle Seite hineintreten, bald wieder sich zurückziehen, bald abgestumpft, bald wieder sehr zugespitzt erscheinen. Dieß scheint auf hohe Berge und tiefe Thäler zu deuten, durch welche der regelmäßige Zug der Lichtgränze unterbrochen wird. Diese Vermuthung wird vollkommen bestätigt durch die vielen isolirten, lichten Punkte, die man in der Nachtseite, oft selbst in einer beträchtlichen Entfernung von der Lichtgränze, erblickt, und die nichts anders seyn können, als hohe Berge, deren Gipfel von der untergehenden Sonne noch beschienen werden, wenn ihr Fuß bereits tief in die Schatten der Nacht herabgesunken ist. Man sieht leicht, daß eben diese Entfernung der Lichtpunkte von der Schattengränze ein Mittel gibt, die Höhe dieser Berge zu messen, da die Gipfel der höhern Berge offenbar früher vor dem Aufgange, oder später nach dem Untergange der Sonne von ihr beleuchtet seyn werden, als die kleineren. Schröter, der diesen Gegenstand mit besonderem Eifer verfolgte, fand, daß Venus überhaupt sehr gebirgig ist, und daß viele dieser Berge eine Höhe haben, gegen welche die höchsten Berge unserer Erde nur sehr klein erscheinen. Er fand Berge, die bis zu einer Höhe von sechs Meilen heransteigen, und die daher sechsmal höher sind, als der Chimborasso oder der Dhawalagiri. Auch hier, wie bei andern Planeten, wie selbst bei der Erde, findet man die größten und höchsten Gebirge in der südlichen Hemisphäre, wovon wir die Ursache noch nicht angeben können. Es wäre möglich, daß Süd und Nord nicht bloß eine mathematische Unterscheidung sind, und daß damit eine allgemeine, durch unser ganzes System wirkende Kraft im Zusammenhange stehe, wie wir diese z. B. schon bei unserm Magnetismus bemerken.

§. 58. (Rotation der Venus.) So lange man diese Berge der Venus nicht kannte, war es schwer, die Rotation derselben zu bestimmen, da sie, wie bereits gesagt, nur sehr wenige ausgezeichnete Flecken hat. Dominic Cassini, der Stammvater jener astronomischen Familie, die bis in ihr viertes Glied der Sternwarte in Paris vorstand, hatte bei dieser Bestimmung der Umdrehung der Venus über viele Hindernisse zu klagen, da ihm doch die Beobachtung der Rotation von Mars und Jupiter sehr leicht und gut gelungen war. Nur mit großer Mühe setzte er die Umdrehungszeit der Venus auf 23.3 unserer Stunden fest. Bianchini aber, der ebenfalls mit für seine Zeit sehr vorzüglichen Fernröhren versehen war, fand sie etwa 60 Jahre später gleich 24.1 Stunden. Schröter, der diese Planeten über zwanzig Jahre mit Eifer beobachtete, fand mit Hilfe seiner sieben und siebenundzwanzigfüßigen Herschel'schen Telescope, diese Umdrehungszeit der Venus gleich 23 St. 21 Min., also nahe so, wie schon D. Cassini im Jahre 1666. Schröter benutzte dazu besonders die bereits oben

Digitized by Google

erwähnten periodischen Veränderungen ihrer Hörnerspitzen. Man findet diese und die übrigen Beobachtungen Schröters in seinen „Aphroditographischen Fragmenten, Helmstädt 1746," und in „Bode's Berl. Jahrbüchern 1793, 1796 und 1803."

§. 59. (Tages- und Jahres-Zeiten auf der Venus.) Der Tag der Venus ist also in Beziehung auf seine Länge von dem unserer Erde nur unbedeutend verschieden, so daß also auch die Tageszeiten auf beiden Planeten nahe dieselben seyn werden. Allein ganz anders müssen sich die Jahreszeiten verhalten, wenn es anders gegründet ist, daß die Axe, um welche Venus täglich um sich selbst rotirt, gegen die Axe ihrer jährlichen Bahn um die Sonne gegen 72 Grade geneigt ist, daß also das, was man ihre Schiefe der Ekliptik nennen könnte, mehr als dreimal größer ist, als bei der Erde, wo sie (I. §. 48) nur 23° 28′ beträgt. Man wird sich aus dem VII. Kapitel des ersten Buches erinnern, daß die Jahreszeiten durch diese Schiefe der Ekliptik bestimmt werden, und wir haben bereits dort (I. §. 91) die Folgen auseinander gesetzt, welche eine viel größere Schiefe der Ekliptik auf die Temperatur und auf den Wechsel der Jahreszeiten der Erde haben würde. — Dieß läßt sich nun unmittelbar auf die Venus anwenden. Wenn der Aequator dieses Planeten gegen die Bahn desselben in der That um volle 72 Grade geneigt ist (was aber noch einer genaueren Bestätigung bedarf, da Schröter sich nie bestimmt darüber ausgesprochen hat), so würde die heiße Zone, deren Bewohner die Sonne noch in ihrem Scheitel sehen können, sich in einer Breite von 144 Graden um diesen Planeten erstrecken, während die Breite dieses Gürtels auf der Erde nur 47 Grade beträgt. Nennt man aber kalte Zone diejenigen Theile eines Planeten, für welche die Sonne mehrere Tage im Jahre nicht auf- oder nicht untergeht, so würde man von dieser heißen Zone die beiden äußeren Theile, deren jeder eine Breite von 54 Graden hätte, auch zugleich zur kalten Zone rechnen müssen. Man würde also in jeder Hemisphäre eine heiße Zone haben, die von dem Aequator bis zu dem 18ten Grade der nördlichen oder südlichen Breite geht, und in welcher die Sonne durch das ganze Jahr täglich auf- und untergeht. Die kalte Zone aber würde um jeden der beiden Pole herumliegen und sich von ihnen ebenfalls 18 Grade gegen den Aequator hin erstrecken, und in dieser Zone würde man die Sonne nie im Scheitel sehen. Die gemäßigte Zone endlich, die zwischen jenen beiden in der Mitte liegt und eine Breite von 54 Graden hat, würde einen Theil des Jahres hindurch die Sonne gar nicht sehen, wie in der irdischen kalten Zone, und einen andern Theil des Jahres würde sie wieder die Sonne in ihrem Zenithe haben, wie in unserer heißen Zone, so daß also die sogenannte gemäßigte Zone der Venus aus der heißen und kalten zusammengesetzt seyn würde. Die Folge davon wird seyn, daß die ganze Oberfläche der Venus, nur die beiden kleinen kalten Zonen ausgenommen, die Sonnenstrahlen zuweilen in senkrechter Richtung erhalten wird. Die Bewohner der Gränze der beiden kalten Zonen werden in ihrem Sommer die Sonne im Mittage sehr nahe bei ihrem Zenithe sehen, ja selbst für die Bewohner der beiden Pole wird sie sich noch bis auf eine Höhe von 72 Graden erheben, wie dieß bei uns für das südliche Spanien und für Griechenland im Sommer der Fall ist. Die Polarbewohner werden an ihren längsten Tagen, wo ihnen die Sonne nicht untergeht, im Augenblicke der Mitternacht diese Sonne noch in einer Höhe von 54 Graden, also in derselben Höhe sehen, in welcher bei uns die Bewohner von Petersburg die Sonne im Mittage ihres längsten Tages erblicken. Die von dem Aequator über 18 Grade ent-

Digitized by Google

fernten, noch in der heißen Zone liegenden Länder werden einen Th des Jahres durch von den senkrechten Strahlen der Sonne verbrann und zu einer andern Zeit wieder von wochenlangen Nächten abgekü und alles Sonnenlichtes gänzlich beraubt werden u. s. f. Die Bewohn dieses Planeten werden daher mit sehr schroffen Abwechslungen ihr Jahreszeiten zu kämpfen haben, die übrigens dadurch wieder einig maßen gemildert werden mögen, daß sie, wegen der kurzen Umlaufsz der Venus um die Sonne, nur etwa halb so lange dauern, als die Ja reszeiten der Erde.

§. 60. (Anblick des Himmels von der Venus.) Wenn wir u durch diese Verhältnisse etwas eingeengt fühlen müßten, so würd wir uns, auf diesen Planeten versetzt, durch andere Genüsse vielleic wieder entschädigt finden, vorausgesetzt, daß unsere Organisation ei solche Veränderung unseres Wohnortes ertragen könnte. Welche An sicht würden wir z. B. von den Gipfeln der sechs Meilen hohen Ber der Venus genießen. Von Wien würden wir (I. §. 5) mit eine Fernrohr bis Hamburg, Paris und Neapel sehen, und eine Kreisfläc der Erde von mehr als hundert Meilen überschauen können. Lan nach dem Untergange der Sonne würden wir noch die Gipfel der benac barten Gebirge von ihren Strahlen vergoldet sehen, und die Schönhe dieses Schauspiels würde noch erhöht werden durch die reine klare Atm sphäre, in der wir beinahe keine matte Wolke erblicken, und wo dab trübe oder regnichte Tage zu den größten Seltenheiten gehören. Und we chen Anblick mag bei dieser stets heitern Luft der gestirnte Himmel g währen, wo alle Sterne und Planeten in hellem Lichte strahlen, wo d Sonne in ihrer Oberfläche viermal größer, als bei uns, erscheint, u ein zweimal stärkeres Licht, als unsere Mittagssonne, verbreitet. — Unse Erde selbst erscheint den Bewohnern der Venus zur Zeit ihrer größten Näh in der untern Conjunction, neunmal größer, als uns die Venus, und zeigt sich ihr stets in ganz vollem und in einem neunmal stärkeren Licht als es Venus in ihrem schönsten Glanze der Erde zusendet.

§. 61. (Venusmond.) Man hat in früheren Zeiten viel von eine Monde gesprochen, der die Venus auf ihrem Weg um die Son begleiten soll. Fontana will ihn i. J. 1645, Dom. Cassini 1672 u wieder 1686, und Schort in England i. J. 1740 gesehen haben. Au Montaigne, Horrebow und Andere sprechen von ihren Beobachtung dieses Trabanten. Da man ihn aber seitdem bei den beiden Durchgä gen der Venus vor der Sonnenscheibe, in den Jahren 1761 und 176 wo er doch besonders sichtbar seyn sollte, nicht gesehen hat, und da übe haupt alle weiteren Bemühungen der Astronomen, ihn aufzufinden, frucht los gewesen sind, so scheinen die angeführten Wahrnehmungen auf ein optischen Täuschung zu beruhen. Das Licht der Venus ist so stark, d die polirten Gläser der Fernröhre zuweilen eine Spiegelung desselben ve ursachen können, wo man dann ein zweites schwächeres Bild des Pl neten erblickt, das man leicht für einen Satelliten desselben zu halt veranlaßt werden kann. Auch Wargentin in Stockholm sah einmal d diesem Planeten eine ähnliche Erscheinung, aber als er, sich vor Tä schung zu sichern, das Fernrohr um dessen eigene Axe drehte, beweg sich auch der vermeinte Mond mit um den Planeten im Mittelpunk des Fernrohrs, ganz eben so, wie sich ein Flecken auf dem Glase d Instruments gedreht haben würde. Indeß war Lambert in Berlin v der Wahrheit jener Beobachtungen so überzeugt, daß er aus den Ang ben jener Astronomen die Elemente dieses Venusmondes zu bestimm suchte (M. s. Bode's astron. Jahrb. 1777). Er fand aus diesen Eleme

Digitized by Google

ten (I. §. 121), daß der Satellit, seiner großen Breite wegen, bei den Durchgängen der Venus von 1761 und 1769 auf der Sonnenscheibe nicht sichtbar seyn konnte, daß er aber bei der damals nahe bevorstehenden Conjunction am 1sten Junius 1777 sich auf der Sonne projiciren würde; allein die Astronomen haben ihn auch zu dieser Zeit vergebens gesucht, und man ist jetzt der beinahe allgemeinen Meinung, daß ein solcher Satellit der Venus nicht existire *). Es scheint mit ihm zu gehen, wie es

*) König Friedrich II. wollte diesen Mond der Venus, zu Ehren seines gelehrten Freundes, d'Alembert genannt wissen. Allein dieser zog sich vor dieser königlichen Gunstbezeugung mit den Worten zurück: „Je ne suis ni assez grand pour devenir au ciel le satellite de Vénus, ni assez jeun, pour l'être sur la terre, et je me trouve trop bien du peu de place, que je tiens de ce bas monde, pour en ambitionner une au firmament.“ — Diese Sucht, den Gestirnen die Namen merkwürdiger Personen zu geben, war in früheren Zeiten sehr groß, und ging zuweilen in das Lächerliche über. Galilei nannte die von ihm entdeckten Satelliten Jupiters die Mediceischen Gestirne, zu Ehren der damals in Florenz regierenden Familie der Medici. Der Jesuit Schiller hat sogar den ganzen gestirnten Himmel umgetauft, und die seit Jahrtausenden eingeführten Namen der Sternbilder in die Heiligennamen seines Kalenders verwandelt, wie man in s. Stellatum Coelum Christianum v. J. 1627 sehen kann. Am weitesten hat man diese Sache bei dem Monde getrieben. Der berühmte Bürgermeister Hevel in Danzig, der uns i. J. 1647 die ersten guten Mondkarten gab, legte den vielen Flecken desselben die Namen unserer Gebirge, Länder und Meere bei. Ein späterer Astronom in Spanien fand diese Benennungen sehr unpassend und substituirte ihnen dafür die Namen der Heiligen. So wurde statt der Appeninen der h. Michael mit seinem flammenden Schwerte; statt des ägäischen Meeres mit seinen vielen Inseln, die h. Ursula mit ihren 10000 Jungfrauen, statt dem Aetna der blinde Tobias u. dgl. gesetzt. Allein bald darauf kam der bekannte Jesuit Riccioli, der sich sehr viel mit dem Monde und überhaupt mit der ganzen Astronomie beschäftigte, ohne aber dadurch diese Wissenschaft eben viel weiter zu bringen. Dieser fand wieder jene Heiligennamen unpassend, und führte dafür die Namen berühmter Astronomen und anderer Gelehrten ein, unter welchen er sich, ohne Zweifel aus Bescheidenheit, die oberste Stelle vorbehielt. Auf diese Weise mußte der h. Athanasius dem alten Plato; die h. Margarethe dem Ptolemäus; der h. Anton der Einsiedler dem jüngeren Plinius und die h. Genovefa dem Galilei ihren Platz abtreten, und nur die h. Katharina blieb, aus besonderer Anhänglichkeit Riccioli's an eine Frau dieses Namens, ungekränkt an ihrer Stelle. Indeß, das Unternehmen Riccioli's war vom Glücke begünstigt, und wir sehen noch in unseren Tagen auf dem Monde, oder wenigstens auf unsern Karten von dem Monde, zwar noch viele Seen und Meere aus den guten Zeiten des alten Hevel, aber auch noch hier unseren Hevel selbst mit Grimaldi, dort den König Alphons von Castilien mit Ptolemäus, und an einem dritten Orte sogar den alten Aristipp aus Cyrene mit Herrn Cassini aus Paris, friedlich und Arm in Arm mit einander spazieren gehen, ja selbst Riccioli glänzt noch in seiner früheren Glorie ganz auf dem obersten Punkte des Mondrandes. — Uebrigens verstanden sich selbst die alten Römer schon auf diese, wie es scheint, sehr leichten Künste, ja sie wußten sich diesel-

Digitized by Google

mit den dreißig Satelliten der Sonne gegangen ist, die das Dictionnair de Trévoux ankündigte, und die bald darauf für bloße Sonnenflecke erkannt worden sind, oder wie mit dem neuen Planeten, weit jenseit des Uranus, der seiner entsetzlichen Größe wegen Herkules genannt wurd Man hatte ihn nebst den bereits an ihm angestellten Beobachtunge und selbst mit den aus ihnen abgeleiteten Elementen der Bahn in de öffentlichen Blättern angezeigt, und der neue, wunderbare Himmelskö per war eben daran, die Aufmerksamkeit nicht bloß des großen Haufen sondern die der Astronomen selbst auf sich zu ziehen, als einige Woche nach jener Publikation in denselben Blättern der Widerruf jener Anzeig erschien, und die ganze Sache als eine Mystification dargestellt wurd mit der ein müßiger Kopf andere leere Köpfe unterhalten wollte.

§. 62. (Wichtigkeit der Durchgänge der Venus vor der Sonne.) Wi haben bereits im zweiten Kapitel von den Vorübergängen Merkurs vo der Sonnenscheibe gesprochen. Ganz ähnliche Erscheinungen bietet un auch die Venus dar, da ihre Bahn, als die eines untern Planeten, vo der Erdbahn eingeschlossen wird und da daher dieser Planet selbst zuwei len zwischen Sonne und Erde treten muß.

---

ben sogar noch etwas bequemer zu machen. Nachdem sie ihren Impe ratoren, sie mochten es verdienen oder nicht, Tempel und Altäre, Sta tuen und Triumphbogen ohne Zahl gewidmet, und nachdem eben dadurch diese Apotheosen den Reiz der Neuheit verloren hatten, mußte das erst Volk der Erde, wie es sich selbst nannte, seiner Kriecherei auf eine an dere Weise aufzuhelfen suchen. Allein die römischen Senatoren waren keine Weltumsegler, um die von ihnen entdeckten Länder mit den Namen ihrer Beherrscher zu beehren; sie waren auch keine Astronomen, um für sie neue Sternbilder an dem Himmel aufzusuchen, und eben so wenig konnten sie die Länder und Meere des Mondes an sie verschenken, da sie dieselben noch gar nicht kannten. — Sie wählten sich daher die Plün derung oder vielmehr die Verstümmlung ihres ohnehin sehr schlechten Kalenders, zu welchem Geschäfte sie weder vorzüglicher Instrumente noch besonderer Kenntnisse, an denen es ihnen fehlte, sondern nur ein gutes Maaß von kriechender Schmeichelei bedurften, an der sie Ueberfluß hatten. So erhielt, durch einen förmlichen Senatsbeschluß, der Mona Julius und Augustus, den beiden ersten Imperatoren zu Ehren, ihr noch heute gebräuchlichen Namen, da sie früher Quinctilis und Sextilis hießen. Da aber die feine Courtoisie dieser Höflinge befürchtete, daß Augustus es übel nehmen könnte, wenn sein Monat, wie es bei dem Sextilis der Fall war, nur 30 Tage hätte, da doch der dem J. Cäsar früher gewidmete Monat Julius 31 Tage zählte, so wurde durch einen zweiten Senatconsult beschlossen, dem Februar, der ohnehin nur 29 Tage hatte, noch einen Tag zu rauben, und ihn dafür dem Augustus beizulegen. Auf dieselbe feierliche Weise erhielt später der Monat April den Beinamen des Ungeheuers Nero, und der Monat Mai den des noch schlechteren Claudius, ja Domitian, der aus zu großer Bescheiden heit nicht erst die Decrete seines knechtischen Senats abwarten wollte, geruhte höchstselbst, und zwar unter Androhung der Todesstrafe, zu be fehlen, den Monat October künftighin, und für immerwährende Zeiten, Domitianus zu nennen. Allein alle diese Thorheiten überlebten ihre Urheber nicht, und selbst Augustus mußte es sich gefallen lassen, sein Ehrendenkmal später an den elenden Commodus abzutreten.

Digitized by Google

Diese Durchgänge der Venus sind aber in der neueren Astronomie von besonderer Wichtigkeit, daher wir uns auch hier etwas länger bei ihnen aufhalten wollen. Sie geben uns nämlich bei weitem das beste und sicherste Mittel, die Entfernung der Sonne von der Erde, oder was dasselbe ist, die halbe große Axe der Erdbahn zu bestimmen. Diese Halb-Axe ist aber das große Maaß, und gleichsam die Elle, mit welcher die Astronomen das ganze Planetensystem ausmessen, und überhaupt alle Entfernungen im Weltraume bestimmen, daher die genaue Kenntniß derselben in so hohem Grade nothwendig ist. — Dieses Maaß hängt aber nicht bloß von der Willkühr der Astronomen ab, wie wohl sonst die Einheit aller unserer andern Maaße, sondern sie wird uns gleichsam von der Natur selbst aufgedrängt. Nach dem dritten Kepler'schen Gesetze (I. §. 146) nämlich verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten wie die Würfel der großen Halb-Axen ihrer Bahnen. Diese Umlaufszeiten sind aber, wie bereits oben (I. §. 125) gesagt wurde, der Art, daß sie sich mit der größten Genauigkeit bestimmen lassen. Mit gleicher Schärfe wird man also auch jene Halb-Axen, d. h. die mittleren Entfernungen von der Sonne für alle Planeten bestimmen können, wenn man nur einmal eine einzige dieser Entfernungen, wenn man z. B. die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne kennt. Und eben dazu werden uns die Durchgänge der Venus, und zwar mit einer Sicherheit verhelfen, die wir von keiner unserer anderen astronomischen Beobachtungen, welcher Art diese auch seyn mögen, erwarten können. Ja selbst über die Größe dieser Planeten und über die der Sonne selbst müssen wir so lange in völliger Ungewißheit bleiben, als wir die Entfernung derselben von uns nicht näher kennen. Denn unsere Beobachtungen geben uns nichts, als die scheinbare Größe dieser Himmelskörper, d. h. nichts, als den bloßen Winkel, unter welchem uns der wahre Durchmesser derselben erscheint. Dieser Winkel kann aber immer derselbe bleiben, wenn auch der wahre Durchmesser vielmal größer, aber der Planet zugleich weiter von uns entfernt würde, oder umgekehrt, so daß man aus dem bloßen Winkel, unter welchem uns ein Gegenstand erscheint, nichts, weder über seine wahre Größe, noch über seine Entfernung von uns, ausmachen kann. Von diesen drei Dingen, wahrer und scheinbarer Durchmesser und Entfernung von uns, müssen nämlich, der Natur der Sache nach, immer zwei gegeben seyn, um daraus das Dritte zu finden.

§. 63. (Wann diese Durchgänge statt haben.) Eigentlich sollte in jeder synodischen Revolution (I. §. 124) der Venus, d. h. in je 583.921 Tagen ein Durchgang dieses Planeten vor der Sonnenscheibe erfolgen, weil er in dieser Zeit einmal zwischen uns und der Sonne durchgehen muß. Allein da die Neigung der Bahn der Venus gegen die Ekliptik über drei Grade, der Halbmesser der Sonne aber nur einen halben Grad beträgt, so wird es oft geschehen, daß dieser Planet zur Zeit seiner untern Conjunction, wo er zwischen uns und der Sonne ist, zu hoch über, oder auch zu tief unter der Sonne steht, und daher von uns nicht auf der Sonne selbst gesehen werden kann.

Offenbar kann Venus zu dieser Zeit nur dann in der Sonne erscheinen, wenn die von der Erde gesehene Breite (I. §. 118) nicht größer ist, als die Summe der Halbmesser der Sonne und des Planeten, d. h. also nicht größer als 990 Secunden, da der Halbmesser der Sonne im Mittel 961, und der der Venus in der untern Conjunction 29 Secunden beträgt. Venus muß daher zu dieser Zeit in der Nähe eines ihrer Knoten (I. §. 117) seyn, und sie darf, wie man durch Rechnung zeigen kann, höchstens um 1° 50′ von diesem Knoten abstehen, wenn ein Durch-

Digitized by Google

gang statt haben soll. Bei Merkur ist dieser äußerste Abstand vor Knoten 3° 28′, also viel größer, und dieß ist auch die Ursache, warum die Durchgänge Merkurs viel häufiger sind, als die der Venus.

Diese Durchgänge der Venus fallen seit dem Anfange des 17ten Jahrhunderts immer entweder in die erste Hälfte des Junius oder de Dezember, und dieß wird bis zu dem Jahre 3000 unserer Zeitrechnun der Fall seyn, so daß immer zwei nächstfolgende Durchgänge in de Junius, und die zwei auf diese kommenden in den Dezember fallen Fängt man mit einem solchen Durchgange an, der der erste von den bei den in den Junius fallenden ist, wie dieß z. B. mit dem des Jahre 1761 der Fall war, so kommen die anderen Durchgänge nach der Reih in 8, 105½, 8, 121½ Jahren, nach welchen sich dieselben Perioden vo 8, 105½ u. s. w. immer wiederholen. Diese Bemerkung gibt ein ein faches Mittel, die Zeiten aller folgenden Durchgänge zu finden, wen man einmal einen derselben kennt. Die unten folgende Tafel gibt die selben für mehrere Jahrhunderte mit aller hier wünschenswerthen Ge nauigkeit an.

§. 64. (Die ersten beobachteten Durchgänge der Venus.) Kepler wa es, der diese Erscheinungen mit Hülfe seiner neuen Planetentafeln, di er dem Kaiser Rudolph II. zu Ehren die Rudolphinischen nannte, zuerst ankündigte, und dadurch die Astronomen auf diese wichtigen Beobach tungen aufmerksam machte. Ohne diese Vorausberechnungen würde man sie nicht gut beobachten können, da man den Augenblick nicht weiß, wann sie statt haben. Aus dieser Ursache sind auch alle früheren Erscheinun gen dieser Art verloren gegangen. Man würde sie aber wahrscheinlich auch mit diesen Vorausbestimmungen nicht beobachtet haben, da wohl nur wenige Augen so scharf sind, um die Venus selbst zu einer Zeit, wo ihr Durchmesser am größten ist und 58 Secunden beträgt, ohne Fern rohr in der Sonne sehen zu können. Schon Gassendi hat sich durch Er fahrung überzeugt, daß keiner seiner Freunde einen schwarzen runden Flecken in der Sonne mit freien Augen sehen konnte, obschon der Durch messer derselben 80 Secunden betrug. — Die beiden Durchgänge der Venus, die Kepler im Jahr 1627 auf diese Weise ankündigte, waren die der Jahre 1631 und 1761, von welchen der erste auf den 6ten Dezember und der andere auf den 5ten Junius von ihm berechnet wurden. Beide hatten auch in der That statt, und zwar der erste nur wenige Tage nach seinem Tode, da Kepler am 15ten November 1631 starb. Einen andern zwischen jene beiden fallenden Durchgang, der am 4ten Dezember 1639 ein trat, hatte Kepler übersehen. Halley, welcher der erste die Wichtigkeit dieser Erscheinungen eingesehen und auch bekannt gemacht hatte, berech nete die 17 nächstfolgenden Durchgänge der Venus bis zu dem Jahre 2117 voraus, und theilte sie den Astronomen in den Philos. Transact. von 1691 und 1716 mit.

Eben dieser von Kepler in seiner Rechnung übersehene Durchgang des Jahres 1639 war der erste, der je von einem Astronomen beobach tet worden ist. Horrox in England berechnete einige Zeit zuvor eine astronomische Ephemeride, aber nach den Tafeln von Lansberg, die zwar viel weniger genau waren, als die Rudolphinischen Tafeln, die aber doch zufällig einen Durchgang der Venus für den 4ten Dezember 1639 anzeig ten, während die Kepler'schen Tafeln keinen gaben. Da er in die ersten Tafeln ein besonderes Vertrauen setzte, so schickte er sich zu der Beobach tung an, und er sah in der That durch nahe eine halbe Stunde die Ve nus in der Sonne, so wie auch sein Freund Crabtree, der nur wenige Meilen von ihm wohnte, und den er von dem Ereignisse benachrichtigt hatte. Allein diese Beobachtung hatte keine Folgen für die Wissenschaft,

Digitized by Google

da sie, wie wir bald sehen werden, an zwei sehr weit von einander entlegenen Orten zugleich gemacht werden muß.

§. 65. (Durchgang von 1761.) Da Halley erst i. J. 1677 bei Gelegenheit seiner Beobachtung eines Merkurdurchganges, die er auf der später durch ein anderes Ereigniß berühmt gewordenen Insel St. Helena angestellt hatte, auf die Wichtigkeit dieser Erscheinungen aufmerksam geworden war, so mußte man bis zu dem nächstfolgenden Durchgange der Venus, am 5ten Junius 1761, warten. Die Astronomen bereiteten sich zu dieser Beobachtung auf das eifrigste vor, und mehrere von ihnen reisten in sehr entfernte Gegenden, um ihren Zweck besser zu erreichen. Man findet die Geschichte dieser Vorbereitungen in den Mém. de l'Acad. de Paris 1757, 1761 und 1781. Die vorzüglichsten Beobachtungen dieses Durchganges sind die von Mason am Vorgebirge der guten Hoffnung, von Bergmann in Upsala, von Planmann zu Cajaneburg in Finnland, und die zu Stockholm und Tobolsk angestellten. Die Berechnungen dieser Beobachtungen geben die Horizontalparallaxe der Sonne (I. §. 61) für ihre mittlere Entfernung von der Erde zwischen 8 und 9 Secunden. Wie man aber daraus diese Entfernung der Sonne selbst, die der eigentliche Hauptzweck dieser Beobachtungen ist, abzuleiten hat, wurde bereits oben (I. §. 63) gesagt. Wendet man die dort gegebenen Vorschriften auf diese beiden Zahlen an, so findet man für die mittlere Entfernung der Mittelpunkte der Sonne und der Erde entweder 25783 oder 22918 Halbmesser der Erde, je nachdem man die Parallaxe der Sonne zu 8 oder zu 9 Secunden annimmt. Die Differenz dieser beiden Resultate ist 2865 Erdhalbmesser, also nahe $2^1/_2$ Millionen Meilen, oder beinahe der neunte Theil des Ganzen, so daß man daher durch diese Beobachtungen die wahre Entfernung der Sonne noch nicht bis auf ihren zehnten Theil genau kennen gelernt hatte.

§. 66. (Frühere Versuche, die Horizontalparallaxe der Sonne zu finden.) So groß diese Ungewißheit auch scheinen mag, so ist sie doch in viel engere Gränzen eingeschlossen, als alle früheren Bestimmungen, die man zu diesem Zwecke erhalten hatte. Vor Hipparch hatte man von dieser Entfernung der Sonne nicht einmal eine auch nur etwas gegründete Muthmaßung. Pythagoras nahm die Entfernung der Sonne nur dreimal größer, als die des Mondes, an, da sie doch über vierhundertmal größer ist. Aristarch von Samos war der erste, der gegen d. J. 260 vor dem Anfange unserer Zeitrechnung diese Entfernung durch eine eigene Beobachtung zu bestimmen suchte, die wir oben (I. §. 169) näher angegeben haben. Er fand die Parallaxe der Sonne gleich drei Minuten, also wenigstens achtzehnmal zu groß. So fehlerhaft auch diese Bestimmung war, so konnte man doch bis zu dem Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts nichts Besseres finden. Posidonius, der zwei Jahrhunderte nach Chr. G. lebte, nahm diese Distanz der Sonne gleich 13150 Erdhalbmesser an, also nur nahe um die Hälfte zu klein, aber diese Annahme gründete sich auf keine eigentliche Beobachtung, sondern bloß auf eine Meinung, wie etwa die des ältern Plinius, der die Sonne zwölfmal weiter setzt, als den Mond, weil jene zwölf, und dieser nur einen Monat braucht, seine Revolution um die Erde zurückzulegen. Riccioli (gest. 1671) fand aus einer großen Anzahl von ihm nach Art des Aristarch angestellter Beobachtungen die Parallaxe der Sonne 28 bis 30 Secunden. Ptolemäus im Gegentheile benutzte eine von Hipparch vorgeschlagene Methode, die Sonnenfinsternisse zu diesem Zwecke zu gebrauchen, die wohl sehr sinnreich, aber hier nicht mit Sicherheit anwendbar ist, weil der Unterschied zwischen den Entfernungen der Sonne und

Digitized by Google

des Mondes von der Erde viel zu groß ist. Auch fand Ptolemäus für die Parallaxe der Sonne das sehr fehlerhafte Resultat von 2 Minuten 50 Sec. Auch der große Observator Tycho Brahe (gest. 1601) hatte noch sehr unrichtige Begriffe von diesem Gegenstande. Er setzte die Distanz der Sonne gleich 1142 Erdhalbmesser voraus und wollte aus den Beobachtungen der Mondfinsternisse den Schluß ziehen, daß die Parallaxe der Sonne nicht kleiner als drei Minuten seyn könne. Kepler (gest. 1630) bemerkte mit seinem gewöhnlichen Scharfsinne, daß die Parallaxe des Mars zur Zeit seiner Opposition, wie dieß aus Tycho's Beobachtungen folgte, unmerklich ist, und daß also dasselbe in einem noch viel höhern Grade von der Sonne gelten müsse. Mit den Instrumenten jener Zeit war es übrigens schwer, sich der Größe eines Winkels bis auf eine und selbst bis auf zwei Minuten zu versichern. Indeß nahm Kepler die Sonnenparallaxe gleich einer Minute, also noch immer über siebenmal zu groß an.

Der erste, der uns eine der Wahrheit genäherte Kenntniß der Sonnenparallaxe gab, ist Dom. Cassini. Auf seinen Vorschlag wurde Richer von der Pariser Akademie nach Cayenne geschickt, um dort die mittägige Höhe des Mars zu beobachten, während dieselben Höhen in Paris von Picard und Römer beobachtet wurden. Cassini schloß daraus die Parallaxe des Mars gleich 25½ Sec., und dadurch war, mittels des dritten Gesetzes von Kepler, die der Sonne gleich 9½ Sec. gegeben, woraus also die Entfernung der Sonne von der Erde gleich 21712 Erdhalbmessern folgte. Diese Beobachtungen wurden im September des Jahres 1671 angestellt. In den folgenden Jahren setzte Cassini diese Untersuchungen auf einem andern Wege fort, indem er die Differenz der Rectascensionen des Mars mit benachbarten Fixsternen sechs Stunden vor, und sechs Stunden nach seiner Culmination verglich, eine Methode, die bereits oben (I. §. 65) näher angegeben worden ist. Cassini fand durch diese zweiten Beobachtungen das erste Resultat im Allgemeinen bestätiget. Noch besser eignet sich zu diesen Bestimmungen die Venus, da sie uns in ihren unteren Conjunctionen noch beträchtlich näher kommt, als Mars. Allein es ist schwer, die Mittagshöhen der Venus zu dieser Zeit zu beobachten oder auch ihre Lage gegen benachbarte Fixsterne zu bestimmen, da ihre Lichtphase sehr klein ist. Maraldi, Bianchini und Lacaille beschäftigten sich anhaltend damit, und Letzterer fand aus seinen Beobachtungen, die er i. J. 1751 am Vorgebirge der guten Hoffnung angestellt hatte, die Sonnenparallaxe gleich 10¼ Secunden. Da aber beide Beobachtungsarten ihrer Natur nach keiner sehr großen Genauigkeit fähig sind, besonders für die noch unvollkommenen Instrumente jener Zeit, so wurde es wohl sehr wahrscheinlich gemacht, daß die Parallaxe der Sonne nahe 9 Secunden betrage, aber die Astronomen mußten doch noch immer wünschenswerth finden, eine andere, genauere Methode zu besitzen, um sich von der wahren Größe dieses wichtigen Elements vollkommen zu versichern.

Der Vennsdurchgang des Jahres 1761 hatte ein Mittel, diesen Zweck zu erreichen, dargeboten. Allein man sah bald, daß der Durchgang dieses Jahres mit mehreren ungünstigen Verhältnissen verbunden war, und daß man sich daher zufrieden stellen mußte, wenigstens eine Bestätigung der von Cassini aufgestellten Parallaxe gefunden zu haben, obschon man sie, wie man doch anfangs gehofft hatte, nicht genauer bestimmen, oder in noch engere Gränzen einschließen konnte.

§. 67. (Durchgang von 1769) Unter diesen Umständen erwartete man mit Ungeduld den nächstfolgenden Durchgang der Venus, am 3ten

Digitized by Google

Junius 1769, von dem man sich durch Rechnung voraus versichert hatte, daß er viel günstigere Verhältnisse zur Bestimmung der Sonnenparallaxe darbieten würde, wenn die Beobachtungen in den zu diesem Zwecke angemessensten Orten der Erde angestellt werden sollten. Die dazu geeignetsten waren das Südmeer, Californien und die nördlichsten Gegenden von Europa sowohl als auch von Asien.

Die Monarchen aller gebildeten Nationen Europa's bemühten sich, ihre Astronomen zur Erreichung dieses für die Wissenschaft wichtigen und interessanten Zweckes mit ruhmwürdigem Wetteifer zu unterstützen. Frankreich, dessen Minister Choiseul sich der Sache mit besonderem Eifer annahm, sendete die Astronomen La Chappe nach Californien, Pingré nach St. Domingo und Veron nach Ostindien. Die K. Akademie der Wissenschaften in London schickte, auf Befehl und Kosten des Königs, ihre Mitglieder Dymond und Wales nach Nordamerika, Call nach Madras und Green nach Otaheiti, welch' Letzterer seine Reise auf einem von dem berühmten Capitän Cook commandirten Schiffe vollendete. — Die Kaiserin Catharina von Rußland ließ durch ihre Akademie in Petersburg Astronomen aus Deutschland und der Schweiz berufen und viele Instrumente zu diesem Zwecke in Paris und London ankaufen, mit welchen ausgerüstet der russische Astronom Rumovsky nach Kola (Br. 69°), der Schweizer Pictet nach Umba (Br. 67°) und Mallet nach Ponoi gingen. Ueberdieß wurde noch Isleniew nach Jakutz, Lowitz nach Gurief, Krahl nach Orenburg und Christian Euler nach Omsk geschickt. In Petersburg selbst beobachteten diesen Durchgang Morjan aus Mannheim, Albert Euler, Lexell und Kotelnikow. — Der König von Dänemark bat sich zu diesem Zwecke den Astronomen Hell von Wien aus, der auf des Königs Kosten die Reise nach Wardoe im nördlichen Lappland machte. Ueberdieß beobachteten noch Planmann zu Cajaneburg in Finnland, Melander zu Upsala, Bayley am Nordcap, Justander zu Abo, Maskelyne zu Greenwich, Hornsby zu Oxford, Cassini zu Paris, Lagrange zu Mailand, Sambach und Pilgram zu Wien, Ackermann zu Kiel u. m. A. Durch ungünstiges Wetter und andere Umstände wurden vereitelt die Beobachtungen des Legentil zu Pondichery, des Call zu Madras, des Pictet zu Umba u. A.

§. 68. (Berechnung der beobachteten Durchgänge.) Fast alle oder wenigstens die wichtigsten dieser Beobachtungen findet man gesammelt in Lalande's „Mém. sur le Passage de Vénus 1772.“ und am vollständigsten in Encke's „Entfernung der Sonne, 2 Bände, Gotha 1822 und 1824.“ Kaum waren die Beobachtungsresultate bekannt geworden, als sich eine große Anzahl von Männern fand, welche die Berechnung derselben übernahmen. Hornsby in England fand aus den von ihm zu Grunde gelegten Beobachtungen die Horizontalparallaxe der Sonne für ihre mittlere Entfernung von der Erde 8″.8 und ganz eben so auch Pingré. Planmann in Schweden fand 8″.4, Lalande 8″.5; Lexell 8″.68, Hell 8″.70. Encke, der in dem so eben erwähnten Werke die sämmtlichen als gut anerkannten Beobachtungen der beiden Durchgänge von 1761 und 1769, mit der größten Sorgfalt berechnete, fand im Mittel aus allen die Sonnenparallaxe für die mittlere Entfernung der Sonne und für einen Beobachter im Aequator gleich 8″.578; welches Resultat nach Encke's Berechnungen nur mehr den wahrscheinlichen Fehler von 0″.037 haben kann, so daß die wahre Sonnenparallaxe zwischen den beiden Gränzen 8″.54 und 8″.61 enthalten ist. Nimmt man nun die geographische Meile so an, daß fünfzehn derselben auf einen Grad des Aequators, also 5400 auf den ganzen Umfang des Aequators gehen, so

Digitized by Google

ist der Halbmesser des Erdäquators (I. §. 5) gleich $\frac{5400}{2\pi}$ oder gleich 859.4367 geographischen Meilen; die aus der Parallaxe 8″.578 folgende Entfernung der Sonne von der Erde beträgt 20666800 Meilen, und die wahre Entfernung derselben ist zwischen den Gränzen von 20577649 und 20755943 geogr. Meilen enthalten. Unsere späteren Nachkommen werden diese Gränzen ohne Zweifel noch enger zusammenziehen und dieses allgemeine Maaß der Astronomie noch viel genauer bestimmen, als es uns bisher möglich gewesen ist. Wir müssen uns begnügen, die Entfernung der Sonne von 20666800 Meilen bis 89000 Meilen, d. h. bis etwa auf den 230sten Theil ihrer Größe, genau zu kennen. Wem dieß zu wenig scheint, der mag uns sagen, wie viele Distanzen der Hauptstädte unserer Erde wir bis auf ihren 230sten Theil genau anzugeben wissen.

Die folgende kleine Tafel enthält die zunächst folgenden Durchgänge der Venus, von welchen wir wünschen, daß recht viele unserer Leser wenigstens die beiden ersten derselben noch mit ansehen mögen.

	Conjunction mittl. Z. Paris.	Zeit der Mitte.	Halbe Dauer.	Kürzeste Distanz.
1874	9. Dec. 14ᴬ 18′ Morg.	13ᴬ 53′	2ᴬ 4′.7	0° 13′ 51″ Nördl.
1882	6. Dec. 4 26	4 59	3 1.7	0 10 29 Südl.
2004	8. Juni 91 1 Morg.	28 36	2 44.8	0 11 19 S.
2012	6. Juni 11 27 Morg.	11 47	3 20.7	0 8 20 N.
2117	11. Dec. 13 7 Morg.	12 43	2 22.8	0 13 0 N.
2125	8. Dec. 3 19	3 54	2 48.3	0 11 28 S.
2247	11. Juni 0 30	0 0	2 7.9	0 13 17 S.
2255	9. Juni 14 54 Morg.	15 8	3 36.0	0 6 23 N.
2360	13. Dec. 11 59 Morg.	11 39	2 42.8	0 11 49 N.
2368	10. Dec. 2 10	2 47	2 29.4	0 12 37 S.

§. 69. (Methode, aus diesen Durchgängen die Sonnenparallaxe zu finden.) Es ist nun noch übrig zu zeigen, auf welche Weise man aus den Beobachtungen dieser Durchgänge die Sonnenparallaxe durch Rechnungen ableiten kann, und warum die aus diesen Beobachtungen geschlossenen Resultate jenen hohen Grad von Verläßlichkeit haben, der bereits oben von ihnen gerühmt worden ist.

Man bemerkt wohl ohne meine ausdrückliche Erinnerung, daß ein rabenschwarzer kleiner Kreis auf dem hellleuchtenden Hintergrunde der Sonne, denn so stellt sich zur Zeit des Durchgangs die Venus dem Beobachter dar, mit der größten Schärfe gesehen werden kann, so daß man also den Ort, welchen dieser schwarze Kreis in der Sonne einnimmt, für jeden Augenblick mit völliger Sicherheit angeben wird. Allein es handelt sich hier nicht um alle die Orte, welche Venus nach und nach während ihrer Durchgänge einnimmt, sondern nur um einige wenige und zwar gerade um diejenigen, die unter allen am leichtesten und besten, selbst ohne alle Instrumente, blos durch ein gutes Fernrohr, bestimmt werden können. Man braucht nämlich nur die vier Momente

Digitized by Google

der äußern und innern Ein- und Austritte, oder die vier Augenblicke zu beobachten, wann die Ränder der Venus und der Sonne sich, sowohl von außen als auch von innen, berühren. Der erste äußere Eintritt bei a (Fig. 45) kann vielleicht zu spät beobachtet werden, wenn man den Punkt des östlichen Sonnenrandes nicht genau weiß, an welchem die Venus eintreten soll, obschon man diesen Punkt durch Rechnung schon voraus bestimmen kann. Allein der zweite oder innere Eintritt bei b, so wie der innere Austritt bei c läßt sich auf das schärfste mit dem Auge verfolgen, bis der eigentlich entscheidende Augenblick, d. h. die Bildung des feinen Lichtfadens eintritt, der zwischen den Rändern der beiden Himmelskörper bei ihrer Berührung entsteht, und nicht viel weniger genau wird man auch den letzten entscheidenden Punkt des schwarzen Kreises in d angeben, der an dem Rande der Sonne in dem Augenblicke erscheint, wenn er von der Venus völlig verlassen wird.

§. 70. (Sicherheit dieser Methode.) Ueber die Sicherheit dieser Beobachtungen an sich kann also weiter kein Zweifel seyn. Allein es handelt sich hier nicht sowohl um diese Beobachtungen selbst, als vielmehr um das Resultat, welches man daraus ableiten will, nämlich um die wahre Größe der Sonnenparallaxe. — Wenn man nun z. B. zeigen könnte, daß ein Fehler der Beobachtung von einer Zeitsecunde die gesuchte Parallaxe erst um eine Raumsecunde, also um 15 mal weniger fehlerhaft machen würde, so würden wir diese Methode mit Recht als eine sehr gute und in der Ausübung mit Verläßlichkeit anwendbare ansehen, da, wie wir gesehen haben, ein Fehler von einer Zeitsecunde in der Beobachtung jener vier Berührungen nicht wohl statt haben kann. Allein die Verhältnisse sind in der That noch viel günstiger, als sie in diesem Beispiele dargestellt wurden.

Halley hat in den zwei bereits erwähnten Memoiren (Phil. Transact. 1691 und 1716) durch Berechnung gezeigt, daß wenn bei ganz schicklich gewählten Beobachtungsorten auf der Erde die Ein- und Austritte der Venus auf eine Zeitsecunde genau bestimmt werden, daraus die Parallaxe oder die Distanz der Sonne bis auf ihren $^1/_{500}$sten Theil genau bestimmt werden könne. Wenn nun auch diese Behauptung vielleicht etwas übertrieben erscheinen mag, und wenn, wie die Erfahrung bei den zwei letzten Durchgängen gelehrt hat, die Fehler der Beobachtungen eine Secunde oft genug übersteigen, so bleibt es demungeachtet nicht minder wahr, daß diese Beobachtungsart eine der sichersten in der ganzen praktischen Astronomie ist, und daß diese Methode der Bestimmung der Sonnenparallaxe einen Grad von Verläßlichkeit besitzt, deren sich nur wenige und vielleicht keine andere erfreut.

Es wird nicht unangemessen seyn, hier Einiges aus dem erwähnten lehrreichen Aufsatze Halley's anzuführen, dem wir die Kenntniß dieser Methode verdanken und der zugleich in einer gemeinfaßlichen Sprache geschrieben ist. „Es gibt viele Dinge in der Welt, sagt er, die auf den ersten Blick sehr paradox, ja ganz unglaublich erscheinen, und die doch nicht minder wahr und oft sogar mit Hülfe der Mathematik sehr leicht zu beweisen sind. Was sollte es wohl Schwereres geben, als die Bestimmung der Entfernung der Sonne von der Erde? *) Und doch ist

*) Wohl dürfte man in Beziehung auf diese Frage von Halley noch mit Plinius sagen: Incomperta haec et inextricabilia, nec ut mensura, id enim velle pene dementis est, sed ut tantum aestimatio conjectandi constet animo (H. N. II. Cap. 23).

Digitized by Google

sie eine der leichtesten, wenn man nur einige diesem Zwecke angeme
Beobachtungen vorausschickt, wie ich sogleich näher zeigen werde."

„Vor vierzig Jahren (im J. 1677) war ich auf der Insel St. lena, um daselbst die Sterne des südlichen Himmels zu beobachten. fällig ereignete sich in dieser Zeit ein Durchgang des Merkur vor Sonnenscheibe. Indem ich ihn mit einem guten Fernrohre beobach bemerkte ich bald, daß sich diese Beobachtungen mit einer ganz besond Schärfe ausführen lassen. Dabei fiel mir ein, daß sich durch diese obachtungen wohl die Parallaxe des Merkurs gut bestimmen la würde, die beträchtlich größer seyn muß, als die der Sonne, da Me in seiner unteren Conjunction der Erde so viel näher steht. Aber sah auch bald, daß die Differenz der Parallaxe Merkurs und der So kleiner ist, als die Parallaxe der Sonne, und daß daher auf die Wege nicht viel Gutes zu erwarten seyn wird." *)

„Aber bei der Venus, fiel mir ein, ist dieß Verhältniß viel gün ger, da ihre Parallaxe viel größer ist, als die des Merkur, und da n sie also auch von verschiedenen Punkten der Erde an verschiedenen S len der Sonnenscheibe sehen muß. Sollte sich aber nicht aus eben die Verschiedenheit der Stellen die Sonnenparallaxe selbst, durch die sie d verursacht werden, wieder rückwärts finden lassen?"

„Diese Beobachtungen bedürfen, wie man von selbst sieht, kein besonders kostbaren Instrumente. Ein gutes Fernrohr und eine gu Uhr, weiter braucht es nichts. Die geographische Breite des Orts de nur ohnehin bekannt seyn, da sie auf die Erscheinung keinen so weser lichen Einfluß hat, und die geographische Länge kann man beinahe ga entbehren, da man nichts als die Dauer der Beobachtung, d. h. a die Zeit zu kennen braucht, die zwischen dem Ein- und Austritt der V nus verfließt, ohne die absoluten Momente dieser Erscheinungen selb zu kennen."

„Der erste der nächstkünftigen Durchgänge der Venus wird a 26sten Mai 1761 statt haben. An diesem Tage, wenn es in Londo zwei Uhr des Morgens ist, wird Venus in die Sonne treten und u zehn Uhr des Vormittags wird sie wieder austreten. Die Dauer de ganzen Durchgangs wird also acht Stunden seyn, und wir in Londo werden den Eintritt nicht sehen, weil wir zu dieser Zeit noch Nacht ha ben. Aber wenn die Sonne gegen sechs Uhr aufgehen wird, werden wi die Venus beinahe in der Mitte der Sonnenscheibe erblicken. Die Be wohner von Norwegen aber, und wohl auch die vom nördlichen Schott land, für welche die Sonne, wenn es in London zwei Uhr ist, schon auf gegangen seyn wird, diese werden den Eintritt und sonach die ganz Dauer der Erscheinung sehen. In Ostindien aber, am Ausflusse des Ganges, wird die Sonne beinahe im Zenithe dieses Landes stehen, zu der Zeit, wo die Bewohner des Landes die Venus eben in der Mitte der Scheibe sehen, und es läßt sich leicht durch Rechnung zeigen, daß hier die Dauer des ganzen Durchgangs, durch die Wirkung der Pa

*) Die Parallaxe Merkurs ist bei seinen untern Conjunctionen 17″, und die Parallaxe der Sonne setzte Halley noch gleich 12″ voraus. Die Differenz beider ist 5″, also mehr als die Hälfte kleiner als die angenommene Sonnenparallaxe. Bei der Venus aber nahm er die Parallaxe 43″, und 43 weniger 12, oder 31″ ist nahe dreimal größer als jene Sonnenparallaxe.

Digitized by Google

rallaxe, nahe um 11 Zeitminuten verkürzt wird. Allein die Antipoden dieſes Ortes, d. h. die Gegenden um die Hudſonsbay ſehen die Venus in der Mitte der Scheibe zur Zeit ihrer Mitternacht, und hier wird, durch die Wirkung derſelben Parallaxe die Dauer des Durchgangs um mehr als 6 Zeitminuten verlängert. Wenn alſo die Erſcheinung an dieſen beiden Orten beobachtet werden ſollte, ſo würde die beobachtete Dauer des einen um volle 17 Min. von der des andern Ortes verſchieden ſeyn, wenn anders, wie ich bei dieſen kleinen Rechnungen vorausſetzte, die Parallaxe der Sonne gleich $12^1/_2$ Secunden iſt. Sollte nun dieſe Differenz der Dauer an den beiden Orten durch die wirklichen Beobachtungen größer oder kleiner gefunden werden, ſo würde daraus auch eine nahe in demſelben Maaße größere oder kleinere Sonnenparallaxe gefolgert werden. Da in der That 17 Min. oder 1020 Sec. zu der Sonnenparallaxe 12.5 Sec. gehören, ſo wird eine einzige Secunde Aenderung dieſer Parallaxe ſchon mehr als 80 Zeitſecunden Aenderung in der Differenz jener Dauer erzeugen, da man hat $12.5 : 1020 = 1 : 81$."

„Hat man alſo dieſe Differenz auch nur auf zwei Zeitſecunden genau beobachtet, ſo wird man daraus die Sonnenparallaxe bis auf den 40ſten Theil einer Secunde genau finden, weil wieder iſt $12.5 : 1020 = {}^1/_{40} : 2$, und dieſer 40ſte Theil einer Secunde iſt der 500ſte Theil der ganzen Sonnenparallaxe, die wir zu 12.5 angenommen haben, weil 40mal 12.5 gleich 500 iſt."

„Ich empfehle daher dieſe Methode auf das dringendſte allen Aſtronomen, welche Gelegenheit haben ſollten, dieſe Dinge zu einer Zeit zu beobachten, wenn ich ſchon todt bin. Mögen ſie dieſes meines Rathes eingedenk ſeyn und ſich recht fleißig und mit aller ihrer Kraft auf dieſe wichtigen Beobachtungen verlegen, wozu ich ihnen herzlich wünſche, zuerſt daß ſie nicht durch ungünſtige Witterung des erſehnten Anblicks beraubt werden und dann, daß ſie, wenn ſie die wahre Größe unſerer Planetenbahnen mit mehr Genauigkeit beſtimmt haben, daraus unſterblichen Ruhm und Ehre ſchöpfen mögen." *)

§. 71. (Andere Betrachtungen über die Sicherheit dieſer Methode.) Wir wollen es verſuchen, den Leſern im Allgemeinen, und ſo weit dieß ohne Rechnung möglich iſt, die Gründe aus einander zu ſetzen, warum ich durch die Beobachtung dieſer Durchgänge der Venus die Sonnenparallaxe mit ſo großer Genauigkeit beſtimmen läßt. Sey SS′ (Fig. 46) die Sonne, C oder C′ die Erde, und V oder V′ der Mittelpunkt der Venus, welche beide Planeten ſich in ihren Bahnen, zur Zeit der untern Conjunction des letztern, von Oſt gegen Weſt, oder von C nach C′, und

*) Es iſt ſchwer, den ſchlichten Vortrag des biedern Mannes in einer andern Sprache getreu wieder zu geben. Der Schluß deſſelben heißt: I recommend it therefore again and again to those Astronomers, who may have an opportunity of observing these things, when I am dead, that they would remember these admonitions and diligently apply themselves, with all their might to the making of the necessary observations, in which I wish them earnestly all imaginable successs: in the first place, that they may not, by the unseasonable obscurity of a clauded oky, be deprived of this most desirable sigh; and then, that having ascertained with more exactness the magnitude of the planetary orbits, it may redound te their immortal fame and glory.

Digitized by Google

von V nach V' bewegen, während der der Venus zugekehrte Punkt der Erde in seiner täglichen Rotation von West nach Ost geht, wie die der Figur beigesetzten Pfeile anzeigen. Die beiden geraden Linien durch V und V' berühren den Rand der Venus, so wie die beiden Linien bei S und S' den Rand der Sonne berühren.

Dieß vorausgesetzt, ist (I. §. 61) der Winkel AVC oder A'V'C' die Horizontal-Parallaxe der Venus. Eigentlich sollte zwar der Punkt V in dem Mittelpunkte der Venus liegen, aber man sieht von selbst, daß dieser Winkel nur ganz unmerklich geändert werden wird, wenn man auch den Punkt V in irgend einem Punkte der Peripherie der Venus annimmt. Diesem Winkel ist aber auch der Winkel αVc oder α'V'c' gleich, und da der letzte Winkel von dem Bogen αc am Himmel gemessen wird, so kann man sagen, dieser Bogen αc stelle die Parallaxe der Venus vor. Ganz eben so wird also auch die Parallaxe der Sonne durch den Winkel ASC oder aSc, das heißt, durch den Bogen ac oder a'c' vorgestellt werden. Es ist demnach αc die Parallaxe der Venus, und ac die der Sonne, und daher aα die Differenz dieser beiden Parallaxen, und zwar für den Augenblick, wo ein Beobachter in dem Mittelpunkte C der Erde eben die Venus ganz in dem östlichen Rande, und zwar in dem Punkte S der Sonne eingetreten sieht. Ganz eben so ist auch a'c' die Parallaxe der Sonne, und α'c' die der Venus, also auch a'α' die Parallaxendifferenz für den Augenblick, wo für den Beobachter C' im Mittelpunkte der Erde die Venus so eben ganz aus dem westlichen Rande der Sonne, und zwar in dem Punkte S', ausgetreten ist.

Bei jenem Eintritte sieht also der Beobachter im Mittelpunkte C der Erde den Punkt V des Venusrandes an dem Himmel in c. Allein ein anderer Beobachter auf der Oberfläche der Erde in A wird denselben Punkt V am Himmel in α sehen, während er den Punkt S des östlichen Sonnenrandes, wo der erwähnte Eintritt der Venus für den Mittelpunkt der Erde geschieht, in dem Punkte a des Himmels sieht, d. h. also, der Beobachter in A wird die beiden Berührungspunkte V und S noch um den Bogen aα oder um die Parallaxendifferenz von einander entfernt sehen, während der Beobachter in C diese beiden Punkte V und S in dem gemeinschaftlichen Punkte c zusammenfallen sieht. In demselben Augenblicke also, wo der Beobachter in C den letzten Punkt V der Venus eben in den östlichen Sonnenrand eintreten sieht, steht dieser Punkt V für den Beobachter in A, noch um die ganze Parallaxendifferenz aα östlich von dem Sonnenrande S entfernt; für C hat der innere Eintritt so eben statt, für A aber wird er erst später erfolgen, und zwar erst in der Zeit, in welcher Venus den Bogen aα am Himmel zurückgelegt haben wird.

Während des nun folgenden Durchgangs der Venus vor der Sonnenscheibe geht dieser Planet in seiner Bahn von V nach V', und die Erde von C nach C', oder beide gehen von Ost nach West. Der Beobachter A aber, auf der Oberfläche der Erde, der früher den westlichsten Punkt A einnahm, wird durch die tägliche Rotation auf die östliche Seite, gegen A'' hin, gebracht. In dem Augenblicke, wo der letzte Punkt V' des Venusrandes, von dem Mittelpunkte C' der Erde gesehen, den westlichen Rand S' der Sonne verläßt, und wo also, für diesen Beobachter C', der Durchgang endet, weil er diese beiden Punkte V' und S' in einem und demselben gemeinschaftlichen Punkte c' des Himmels sieht, in demselben Augenblicke wird ein Beobachter in dem Punkte A' auf der Oberfläche der Erde den Punkt S' der Sonne in a', den Punkt V' der Venus aber in α', d. h. er wird den Punkt V' um den

Digitized by Google

Bogen a'α', oder um die Parallaxendifferenz weiter westlich sehen, und für den Beobachter in A' wird daher der Durchgang schon vorüber seyn, und zwar wieder so lange Zeit, die wir T nennen wollen, als die Venus braucht, den Bogen a'α' der Parallaxendifferenz am Himmel zu durchlaufen.

Kurz, der Beobachter auf der Oberfläche der Erde in A oder A' wird den Eintritt der Venus später, und den Austritt derselben früher sehen, als der Beobachter im Mittelpunkte C der Erde, und zwar um die Zeit T später oder früher. Die ganze Dauer der Erscheinung aber wird für jenen kürzer seyn, als für diesen, und zwar um das Doppelte jener Zeit, oder um die Zeit 2 T.

Dieser Unterschied zwischen dem Ein- und Austritte, oder auch dieser Unterschied zwischen der Dauer, wie er auf der Oberfläche und im Mittelpunkte der Erde gesehen wird, hängt also, wie man sieht, bloß von der Differenz der Parallaxen oder von der Größe des Bogens aα oder a'α', und zugleich von der Geschwindigkeit ab, mit welcher die Venus diesen Bogen zurücklegt. Wird die Parallaxendifferenz größer, so wird auch diese Zeit T oder 2 T größer werden, und ist im Gegentheile die Geschwindigkeit der Venus größer, so wird diese Zeit T oder 2 T kleiner werden. Da nun T eine bloße Wirkung der Parallaxendifferenz ist, so wird man, wenn die Bewegung, mit welcher sich die Venus der Sonne nähert, bekannt ist — und diese ist aus den mittlern Bewegungen der Venus und der Sonne auf das genaueste bekannt — so wird man aus dieser Zeit T auch wieder rückwärts auf jene Parallaxendifferenz schließen und zwar mit einer desto größern Genauigkeit schließen können, je größer dieses T selbst ist.

§. 72. (Vergleichung der Durchgänge von Merkur und Venus.) Sehen wir also zu, welchen Werth diese Zeit T in dem Falle hat, wo sie am größten ist. Für Merkur hat man bei der untern Conjunction dieses Planeten seine Horizontal-Parallaxe gleich 17″ und die der Sonne nahe 8″. Beider Differenz ist also nur 9 Secunden, und dieß ist die Größe des Bogens aα für Merkur. Nun beträgt aber die Bewegung Merkurs, mit welcher er sich, von der Erde gesehen, der Sonne nähert, zur Zeit der Durchgänge während jeder Stunde nahe 550″. Wann wird er also in dieser Bewegung den Bogen von 18″, oder die doppelte Parallaxendifferenz zurücklegen? Die folgende Proportion beantwortet diese Frage:

$$550'' : 60' = 18'' : 2\ T$$

Es ist also 2 T nahe gleich 2 Zeitminuten, oder die Differenz der Dauer der Merkursdurchgänge, von dem Mittelpunkte und von der Oberfläche der Erde gesehen, beträgt höchstens 2 Zeitminuten. Gesetzt also, man hätte bei der Beobachtung eines solchen Durchganges die volle Dauer desselben um volle 10 Zeitsecunden fehlerhaft erhalten, was allerdings eine sehr unwahrscheinliche Voraussetzung ist, so würde man dadurch die Parallaxendifferenz schon um $1'/_2$ Raumsecunden unrichtig erhalten, denn

$$120 : 18 = 10 : 1'/_2$$

So große Fehler, von $1'/_2$ Secunden, geben aber nicht einmal die oben angeführten Beobachtungen des Mars zur Zeit seiner Opposition, daher man also die Durchgänge Merkurs zu diesem Zwecke nicht mit Vortheil gebrauchen kann.

Sehen wir nun, was wir von den Durchgängen der Venus zu erwarten haben. Die Horizontalparallaxe dieses Planeten ist 31″, und die der Sonne, wie gesagt, 8″. Die Differenz dieser Parallaxen beträgt also 23″, oder sie ist nahe dreimal größer, als bei Merkur, was, nach

Digitized by Google

dem Vorhergehenden, schon ein großer Vortheil ist. Die stündliche Bewegung der Venus gegen die Sonne endlich ist zur Zeit ihrer Durchgänge 234″, also mehr als die Hälfte kleiner, als bei Merkur, wo der zweite Vortheil besteht. Wann wird also Venus den Bogen von 46″, oder die doppelte Parallaxendifferenz zurücklegen? Die Antwort auf diese Frage gibt folgende Proportion:

$$234'' : 60' = 46'' : 2\,T$$

Es ist also $2\,T = 11'.8$ oder nahe 12 Minuten, also beinahe sechsmal größer, als bei Merkur. Um auch hier zu sehen, welchen großen Einfluß dieß auf die Bestimmung der Parallaxendifferenz hat, wollen wir wieder annehmen, daß man in der Beobachtung der Dauer eines solchen Durchgangs um 10 Zeitsecunden gefehlt habe, so hat man

$$720 : 46 = 10 : {}^{3}/_{5}$$

oder, wenn man in der Beobachtung dieses Phänomens auch volle 10 Zeitsecunden gefehlt hätte, so würde die daraus geschlossene Parallaxendifferenz doch nur um $^{3}/_{5}$ einer Raumsecunde fehlerhaft seyn, während wir oben bei Merkur einen Fehler von $1'/_{2}$ Secunden, also nahe dreimal mehr, erhalten haben. Allein so große Fehler wird wohl nicht leicht ein Astronom, selbst unter den ungünstigsten Verhältnissen, begehen können. Der Fehler, dem man bei der gegenwärtigen Vervollkommnung der Instrumente und der Beobachtungskunst noch ausgesetzt ist, kann bei dieser Art von Beobachtungen höchstens eine einzige Secunde betragen, und sonach würde man, durch die Anwendung der hier erläuterten Methode, die Parallaxendifferenz der Venus und der Sonne wenigstens bis auf $^{3}/_{50}$ oder bis auf $^{1}/_{17}$ einer Raumsecunde genau erhalten.

Man sieht aus allem Vorhergehenden, daß der eigentliche Vortheil dieser Methode darin besteht, daß erstens die Venus, in ihrer untern Conjunction, sehr nahe bei der Erde ist, wodurch die Parallaxe derselben so groß wird, und daß zweitens ihre von der Erde gesehene Bewegung in Beziehung auf die Sonne, zu dieser Zeit so langsam erscheint. Hätten wir noch einen andern Planeten, der uns in seiner untern Conjunction noch näher käme und der sich daselbst noch langsamer bewegte, so würde derselbe auch noch viel geschickter zur Bestimmung der Parallaxe seyn.

§. 73. (Nachträgliche Bemerkungen zu dieser Methode.) Bei der vorhergehenden Darstellung wird ein aufmerksamer Leser noch zwei Dinge vermissen, die wir, um den Vortrag zu erleichtern, absichtlich übergangen haben und daher hier nachtragen wollen.

Wir haben oben voraus gesetzt, daß nicht nur der Beobachter auf der Oberfläche der Erde, sondern daß auch noch ein anderer, im Mittelpunkte C der Erde, die Dauer des Durchgangs gesehen habe, und auf der Vergleichung dieser beiden Beobachtungen beruht eigentlich, wie man bemerkt haben wird, die ganze Methode unserer Parallaxen-Bestimmung. Allein wie sollen wir diese Beobachtung, die im Mittelpunkt der Erde vorausgesetzt worden ist, erhalten? — Sie unmittelbar anzustellen, ist allerdings unmöglich, aber die Rechnung gibt hier, wie in so vielen andern Fällen, den Astronomen ein leichtes Mittel an die Hand, diesen Mangel zu ersetzen. Da nämlich die Tafeln der Venus schon in so hohem Grade genau sind, und da man die Bewegung dieses Planeten und den scheinbaren Durchmesser derselben sowohl, als auch jenen der Sonne schon mit so viel Schärfe kennt, so ist es sehr leicht, durch Rechnung zu bestimmen, wie lang die Dauer eines solchen Durchgangs für den Mittelpunkt der Erde seyn wird, viel leichter in der That, als für irgend einen andern Punkt der Oberfläche der Erde, weil man für diesen letztern auf die Parallaxe der Sonne und der Venus Rücksicht nehmen

Digitized by Google

müßte, die hier, für den Mittelpunkt der Erde, ganz wegfällt. Die Rechnung, von welcher hier die Rede ist, wird ganz dieselbe seyn, welche man bei der Bestimmung der Mondesfinsternisse für unsere Kalender anwendet, und mit der Jeder bekannt ist, dem die ersten Elemente der rechnenden Astronomie nicht ganz fremd sind. (Vergl. II. §. 50.)

Das Zweite, was man wahrscheinlich schon ohnehin bemerkt haben wird, ist, daß wir oben immer nur von der Differenz der Parallaxen der Venus und der Sonne gesprochen haben, da es doch anfangs hieß, daß die Venusdurchgänge die Sonnenparallaxe selbst so genau bestimmen sollen. In der That hat man gesehen, daß alles Vorhergehende sich nur auf die Differenz dieser beiden Parallaxen gründet, und daß man daher auch nur diese Differenz, keineswegs aber die beiden Parallaxen selbst, durch jene Methode bestimmen kann.

Und so ist es auch in der That: wir erhalten durch das bisher erklärte Verfahren bloß den Unterschied dieser zwei Parallaxen. Allein hier kömmt uns das schon mehrmals (z. B. I. §. 58, 146 u. f.) angeführte dritte Gesetz Kepler's sehr zu statten. Nach diesem Gesetze verhalten sich nämlich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten wie die Würfel ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne. Es wurde aber ebenfalls schon gesagt (I. §. 123), daß man diese Umlaufszeiten der Planeten aus den Beobachtungen der Alten mit der größten Schärfe bestimmen kann, und auch in der That best mmt hat. Also darf man auch, da uns das Kepler'sche Gesetz gegeben ist, annehmen, daß wir die Verhältnisse der Entfernungen der Planeten von der Sonne mit derselben Schärfe kennen. Allein diese Verhältnisse der Entfernungen sind nichts anders, als die Verhältnisse der Parallaxen selbst, da der Sinus der Parallaxe eines jeden Planeten gleich ist dem bekannten Halbmesser der Erde dividirt durch die Entfernung des Planeten von der Erde. (I. §. 61.) Zur Zeit der untern Conjunction aber, wo Venus in einer geraden Linie zwischen der Erde und der Sonne steht, ist die Entfernung der Venus von der Sonne gleich dem, aus der elliptischen Theorie bekannten Radius Vector (I. §. 141) der Erde, weniger dem der Venus, so daß daher für dieselbe Zeit das Verhältniß der Entfernungen beider Planeten von der Sonne, also auch das Verhältniß ihrer Parallaxen als eine gegebene und sehr genau bekannte Größe anzusehen ist. Wenn man aber von zwei unbekannten Größen ihr Verhältniß und überdieß auch, wie dieß bei unserer Methode der Fall ist, ihre Differenz kennt, so kann man auch sehr leicht jede dieser beiden Größen selbst finden. Wenn z. B. durch die Beobachtung eines Durchgangs die Differenz der beiden Parallaxen gleich 23" gefunden worden ist, und wenn man aus der Theorie der elliptischen Bewegung, verbunden mit dem erwähnten Gesetze Kepler's weiß, daß für dieselbe Zeit das Verhältniß der beiden Parallaxen 3.795 ist, so finde daraus jeder Anfänger in der Algebra sofort, daß die beiden Parallaxen selbst, die eine gleich 31."23 und die andere gleich 8."23 seyn muß, wodurch daher nicht bloß die gesuchte Parallaxe der Sonne, sondern auch zugleich die der Venus gefunden wird.

§. 74. (Einfache Darstellung des Vorhergehenden.) Man kann denselben Gegenstand noch auf eine andere, sehr einfache Weise darstellen. Ist AB (Fig. 47) die Erde, V die Venus und S die Sonne, so kann man, ohne in der Erscheinung etwas zu ändern, die Erde, in Beziehung auf ihre jährliche Bewegung, als ruhend vorstellen und dafür der Venus die Differenz derjenigen zwei Bewegungen geben, welche dieser Planet und die Erde in der That haben. Sey also aVb der Weg, welchen

Digitized by Google

Venus mit dieser relativen Bewegung während der Zeit des ganzen Durchgangs in ihrer Bahn beschreibt. Es seyen ferner A und B zwei Beobachter auf der Oberfläche der Erde, welche die zwei Endpunkte desjenigen Erddurchmessers AB einnehmen, der auf der Ebene der Ekliptik senkrecht steht. Läßt man der größeren Einfachheit wegen die tägliche Rotation der Erde außer Betrachtung und nimmt man also an, daß diese zwei Beobachter ihre Lage gegen die Sonne unverändert beibehalten, so wird der eine Beobachter A zu einer gewissen Zeit den Mittelpunkt der Venus auf der Sonnenscheibe in s und der andere Beobachter B in S sehen. Wenn sie nun beide ein Mittel besitzen, die Entfernung der Punkte s und S von dem Mittelpunkte oder von dem Rande der Sonne mit Genauigkeit zu messen, so wird ihnen die Größe des Bogens sS z. B. in Secunden bekannt seyn. Nehmen wir an, daß man diesen Bogen Ss gleich 40 Sec. gefunden habe. Da nun die Winkel bei V, welche die beiden geraden Linien As und BS mit einander bilden, gleich groß und da auch die beiden Linien AB und Ss einander sehr nahe parallel sind, indem sie beide auf der Ekliptik senkrecht stehen, so hat man aus den ersten Elementen der Geometrie die Proportion

$$Ss : AB = SV : VB.$$

Allein SV ist die Distanz der Sonne von der Venus und VB die der Venus von der Erde, und aus der Theorie der elliptischen Bewegung weiß man, daß zur Zeit des Durchgangs diese Größen $SV = 0.68$ und $VB = 0.27$ sind, wenn die mittlere Distanz der Erde von der Sonne als Einheit angenommen wird. Man hat daher auch

$$Ss : AB = 68 : 27 \text{ oder nahe} = 5 : 2$$

oder jener Bogen Ss nimmt auf der Oberfläche der Sonne einen Raum ein, der $^5/_2$ mal so groß ist als der Durchmesser AB der Erde. Dieser Bogen selbst, in Secunden ausgedrückt, ist daher auch $^5/_2$ mal so groß als derjenige Bogen, unter welchen der Durchmesser der Erde, von der Sonne aus gesehen, erscheinen würde, d. h. der Winkel SAs ist $^5/_2$ mal größer als der Winkel BSA. Dieser letzte Winkel ist aber (I. §. 61) die doppelte Parallaxe der Sonne. Da nun der Winkel SAs oder der Bogen Ss oben gleich 40 Secunden gefunden worden ist, so folgt, daß die doppelte Sonnenparallaxe 40mal $^2/_5$ oder 16 Sec. und daher diese Parallaxe selbst 8 Sec. beträgt.

Daraus sieht man zugleich, daß jeder Beobachtungsfehler, den man in der Messung des Winkels SAs oder des Bogens Ss begeht, nur den fünften Theil dieses Fehlers in der gesuchten Sonnenparallaxe hervorbringen wird, was für die Bestimmung dieser letzten Größe sehr vortheilhaft ist, besonders dann, wenn man Mittel besitzt, diesen Bogen Ss selbst schon mit einer großen Genauigkeit zu messen. Mikrometrische Messungen, so scharf diese auch seyn mögen, sind hier nicht mit der gewünschten Sicherheit anzuwenden, weil es sich um zwei verschiedene Beobachter handelt. Viel besser wird man diesen Zweck erreichen, wenn man von beiden Orten A und B der Erde den Eintritt der Venus in m und M und eben so den Austritt in n und N aus der Sonnenscheibe beobachtet. Wir haben bereits oben gesagt, daß man diese Ein- und Austritte des schwarzen Kreises auf dem hellen Sonnenhintergrunde sehr scharf beobachten kann. Da ferner die relative Bewegung der Venus auf der Sonne so langsam, und überdieß durch unsere schon sehr vollkommenen Tafeln sehr genau bekannt ist, und da man endlich, ohne allen merklichen Fehler die Wege MN und mn, welche der Planet auf der Sonne zu beschreiben scheint, als gerade Linien annehmen kann, so erhält man eigentlich durch diese beobachteten Ein- und Austritte die

Digitized by Google

Längen der beiden geraden Linien MN und mn, und zwar mit der größten Schärfe, so daß es sich jetzt nur noch um die leichte Auflösung des geometrischen Problems handelt: die Distanz Ss zweier Sehnen eines Kreises zu finden, in welchem die Größe dieser Sehnen sowohl, als auch der Halbmesser dieses Kreises, d. h. der Halbmesser der Sonne mit der größten Genauigkeit bekannt ist.

§. 75. (Ueber die Verbesserung der Planetentafeln.) Das Vorhergehende wird genügen, eine allgemeine Vorstellung von dem Verfahren zu geben, welches die Astronomen bei dieser Bestimmung der Sonnenparallaxe anwenden, und zugleich den hohen Grad der Sicherheit dieser Bestimmung zu zeigen. Allein die Vervollkommnung, welche seit nahe einem halben Jahrhunderte die Analyse und durch sie die berechnende Astronomie erhalten hat, setzt uns gegenwärtig in den Stand, jene wichtige und noch viele andere interessante Aufgaben auf eine andere, sehr vorzügliche Weise aufzulösen, von der wir hier, so gut es ohne eigentliche Rechnung möglich ist, ebenfalls einige nähere Nachrichten mittheilen wollen.

Um die Sache sogleich durch ein Beispiel deutlich zu machen, so haben wir bereits oben (I. §. 143) gezeigt, wie man den Ort eines Planeten für jede gegebene Zeit aus den für diesen Planeten bereits berechneten Tafeln finden könne. Hat man nun für dieselbe Zeit den Planeten auch wirklich beobachtet, so müssen beide Resultate, das der Tafel, oder, was dasselbe ist, das der Rechnung und das der unmittelbaren Beobachtung übereinstimmen, wenn anders beide, Beobachtung und Berechnung, ganz gut und fehlerfrei sind.

Wenn nun die Beobachtungen mit aller möglichen Sorgfalt, mit den besten Instrumenten und unter den günstigsten Umständen angestellt worden sind, wenn vielleicht mehrere Astronomen an derselben oder auch an verschiedenen Sternwarten diese Beobachtungen gemacht und sich so von ihrer Richtigkeit überzeugt haben, und wenn sie nun doch mit der Rechnung, d. h. mit dem aus den Tafeln durch Rechnung abgeleiteten Orte demungeachtet nicht stimmen sollte? — Dann bleibt nichts übrig, als diese Rechnung oder diese Tafeln selbst für fehlerhaft zu erklären.

Es ist aber eines der wichtigsten, ja das Hauptgeschäft des Astronomen, diese Tafeln der Planeten immer mehr und mehr zu vervollkommnen und es endlich, wenn möglich, dahin zu bringen, daß ein solcher aus den Tafeln berechneter Ort verläßlicher ist, als jede einzelne Beobachtung, oder daß wir auf diese Weise den Himmel, d. h. hier die Planeten und ihre Bewegungen, am Ende so genau kennen lernen, um dadurch alle fernern Beobachtungen gleichsam entbehrlich zu machen.

Wenn also eine als gut anerkannte Beobachtung mit diesen Tafeln nicht stimmt, so sind diese Tafeln ohne Zweifel noch irgendwo fehlerhaft, und sie müssen daher verbessert werden. Allein wo soll man diese Verbesserung anbringen?

Diese Frage ist von der größten Wichtigkeit. — Um eine solche Tafel zu construiren, muß man eine nicht kleine Anzahl von Dingen zu Hülfe rufen. Man muß z. B. die große Axe der Bahn, oder die Umlaufszeit des Planeten um die Sonne, man muß die Lage dieser großen Axe, die Excentricität dieser Bahn, ihre Neigung gegen die Ekliptik . . . kurz man muß vor Allem die Elemente (vergl. I. §. 142) der Planetenbahn kennen. Sind diese einmal genau bekannt, so hat die Construction der Planetentafel keine andere Schwierigkeit mehr, als die Mühe des Calculs, die kein Astronom scheuen darf. Allein wenn sie noch nicht genau bekannt, wenn eine, wenn mehrere, wenn vielleicht

Digitized by Google

alle diese Elemente noch etwas unrichtig, noch kleinen Fehlern unt
worfen sind, so können dann auch wahrhaft gute Beobachtungen mit d
sen Tafeln nicht übereinstimmen, und die letzten müssen vor allen ande
verbessert, d. h. die den Tafeln zu Grunde gelegten Elemente müssen v
allen andern corrigirt werden, um jene gewünschte Harmonie zwisch
ihnen und den Beobachtungen einmal erhalten zu können.

§. 76. (Allgemeines Verfahren zu diesem Zwecke.) Nun wäre es wo
leicht, irgend eines dieser Elemente so zu ändern, daß dadurch di
Uebereinstimmung für eine Beobachtung erzeugt wird. Man dürfte n
z. B., was das einfachste wäre, die Epoche der mittlern Bewegung
§. 116) dem gemäß etwas ändern, um die Tafel mit dieser Beoba
tung in vollkommene Harmonie zu bringen. Allein wird dann auch
fort jede zweite, dritte und überhaupt jede folgende gute Beobachtu
durch die Tafeln dargestellt werden? — Schwerlich, da jenes Verfahr
voraussetzt, daß nur die Epoche der Tafeln fehlerhaft, jedes ande
Element aber vollkommen gut ist, eine Voraussetzung, zu der die Epo
kein größeres Recht, als alle übrigen Elemente, hat.

Man wird also im Allgemeinen alle Elemente für fehlerhaft an
hen, und sie sonach alle auf einmal und so verbessern müssen, d
dadurch nicht nur eine, sondern eine große Anzahl guter und weit v
einander entfernter Beobachtungen vollkommen genau dargestellt werde
Aber wie soll man das anfangen? — Man sieht ohne meine Erinn
rung, daß das Problem, das sich hier die Astronomen gegeben habe
kein leichtes ist. Und doch muß es aufgelöst werden, weil man son
gar nicht daran denken kann, auch nur einmal gute Planetentafeln
erhalten. Daß aber solche Tafeln, und zwar nicht bloß für die Wisse
schaft, von sehr großem Werthe sind, ist wohl für sich klar. Wer
z. B. unsere Mondestafeln noch so fehlerhaft wären, wie sie es
Tycho's und selbst zu Newton's Zeiten waren, so würden wir das be
und vorzüglichste Mittel, die geographische Länge auf der hohen See
bestimmen, nämlich die Methode der Distanzen des Mondes von d
Sternen, gar nicht mit Sicherheit anwenden können, und Hunderte v
Schiffen würden schon zu Grunde gegangen seyn, bloß weil ihnen dies
Mittel fehlte.

Wie soll man es aber anfangen, alle Elemente einer Planetenbah
auf einmal zu verbessern? — Dieß ist es, was ich hier zunächst zu erkl
ren suchen werde.

Nehmen wir an, wir hätten eine Anzahl von beobachteten Sonne
längen vor uns, die wir alle als ganz gut anzusehen berechtigt sin
Berechnen wir sogleich aus unsern Sonnentafeln, für die Zeiten jen
Beobachtungen, diese tabellarischen Längen der Sonne. Da unsere So
nentafel noch fehlerhaft ist, wie wir voraussetzen, so werden diese b
rechneten Längen mit den beobachteten nicht genau stimmen. Seyen
a', a'' die Differenzen dieser beiden Längen für die 1ste, 2te, 3te Beo
achtung.

Betrachten wir von den Elementen dieser Sonnentafel zuerst d
Länge des Apheliums. Nehmen wir z. B. an, die erste Beobachtun
sey zu einer solchen Zeit gemacht worden, wo die Länge der Sonne w
niger der Länge ihres Apheliums, d. h. wo die mittlere oder wah
Anomalie (I. §. 140) der Sonne nahe gleich 200 Graden war. Sel
man in denjenigen Theil der Sonnentafeln ein, der mit dem Argumen
der mittlern Anomalie die Gleichung der Bahn (I. §. 141) gibt, so fi
det man, daß für eine solche Sonnenlänge durch eine Minute Aend
rung der Anomalie die wahre Länge der Sonne um nahe 2 Sec. ve

Digitized by Google

größert wird. Damit könnte man nun gleich dieses Element so verbessern, daß die tabellarische und die beobachtete Länge der ersten Beobachtung vollkommen mit einander übereinstimmen, oder daß der erste der oben erwähnten Fehler a gänzlich verschwinden müßte. Allein da, wie bereits gesagt, die andern Elemente eben so gut fehlerhaft seyn können, als dieses erste, so wollen wir auch noch einige dieser andern auf dieselbe Weise betrachten.

Derselbe Theil unserer Tafel, von welchem wir so eben gesprochen haben, setzt auch eine bestimmte Excentricität, oder was dasselbe ist, einen bestimmten größten Werth der Gleichung der Bahn voraus. Nehmen wir an, daß eine Minute Aenderung dieser größten Gleichung der Bahn die Länge der Sonne um 0.5 Secunden ändere, und daß eben so eine Minute Aenderung der Umlaufszeit der Sonne die Länge derselben nur um 0.3 Secunden vergrößere, und sofort für alle übrigen Elemente der Sonnenbahn.

Wenn man auf diese Weise die Aenderung kennt, welche eine Minute in jedem einzelnen Elemente in der Länge der Sonne, für jede gegebene Beobachtung, hervorbringt, so weiß man auch, wie viel diese Länge durch jede andere gegebene Aenderung der Elemente, z. B. durch den halben oder durch den vierten Theil einer Minute geändert werden würde. Nehmen wir nun an, daß man bereits die Aenderungen kenne, welche an diesen Elementen angebracht werden müssen, um jene erste unserer Beobachtungen ganz genau darzustellen, daß also z. B. die Länge des Apheliums um x Minuten vergrößert, die größte Gleichung der Bahn um y Minuten verkleinert, die Umlaufszeit der Sonne um z Minuten vergrößert werden soll u. s. w., so wird man, aus den ersten Gründen der Algebra, für die totale Aenderung der Länge den Ausdruck haben

$$2\,x - 0.5\,y + 0.3\,z$$

und da diese totale Aenderung der Sonnenlänge gleich dem oben erwähnten Fehler a der ersten Beobachtung seyn muß, so hat man die Gleichung

$$a = 2\,x - 0.5\,y + 0.3\,z.$$

Eine ähnliche Gleichung wird man aus der zweiten Beobachtung für a' und aus der dritten für a'' erhalten u. s. f. Wer nun nur eben die ersten Lehren von der Auflösung der Gleichungen kennt, wird daraus ohne Mühe diejenigen Werthe von x, y und z finden, welche diesen drei Gleichungen entsprechen, d. h. er wird finden, wie viel Minuten, oder um welchen Theil einer Minute jedes dieser drei Elemente geändert werden müsse, damit die mit diesen verbesserten Elementen berechneten Längen der drei Sonnenorte genau mit den beobachteten Längen derselben übereinstimmen.

§. 77. (Bedingungsgleichungen und Wahrscheinlichkeitsrechnung.) Man sieht von selbst, daß man dieses Verfahren auch auf mehr als drei, daß man es auf alle sechs Elemente fortsetzen kann (I. §. 142), daß man aber auch dann sechs Beobachtungen braucht, deren jede eine der obigen ähnliche Gleichung mit sechs unbestimmten Größen geben wird. Man nennt sie Bedingungsgleichungen und sucht sie in der neuen Astronomie überall anzuwenden, wo man einer vorzüglichen Schärfe in den Resultaten bedarf.

Wenn man nun aber auf diese Weise durch sechs vorzüglich gute Beobachtungen eines Planeten, mittels der sechs ihnen entsprechenden Bedingungsgleichungen, diejenigen Werthe der Elemente bestimmt hat, wodurch diese sechs Beobachtungen vollkommen genau dargestellt werden, wird man dann auch schon voraussetzen dürfen, daß die so bestimmten

Digitized by Google

Elemente auch zugleich die wahren sind? — Allerdings, vorausgesetzt daß jene sechs Beobachtungen ganz ohne alle Fehler sind. Aber ist die Voraussetzung auch erlaubt? — Welches Mittel haben wir, uns zu überzeugen, daß alle jene Beobachtungen, daß auch nur eine derselben vollkommen genau und auch nicht um den kleinsten Theil einer Secunde fehlerhaft ist? Sind nicht alle unsere Beobachtungen und Experimente, ja alle menschlichen Unternehmungen unvollkommen und bloße Annäherungen zur Wahrheit, aber nicht die Wahrheit selbst? — Ohne Zweifel würden wir, wenn wir jenen Rechnungen sechs andere, nach unserer Ueberzeugung eben so gute Beobachtungen zu Grunde gelegt hätten, auch wieder sechs andere Elemente gefunden haben, nur wenig allerdings von jenen verschiedene, wenn die Beobachtungen selbst in der That zu den verläßlichen gehören, aber doch immer verschiedene. Und welchem von beiden Resultaten soll man nun den Vorzug geben?

Man sieht, die Verlegenheit ist nicht gering, und die Frage selbst von der größten Wichtigkeit für die gesammte Astronomie sowohl, als auch für alle Naturwissenschaften, die sich in letzter Instanz, doch immer nur auf Beobachtungen, d. h. also auf mehr oder weniger fehlerhafte Voraussetzungen gründen. So lange daher diese Frage nicht beantwortet ist, bestehen alle unsere Bestimmungen nur in einzelnen, von einander isolirten Versuchen, deren jeder ein anderes Resultat gibt. Da wir kein Mittel haben, unter allen diesen Resultaten das Beste zu erkennen, so würden, wie man sieht, alle unsere Bemühungen ein immerwährendes Herumirren in einem Kreise seyn, in dessen Mittelpunkte die uns immer versagte Wahrheit liegt, und die wir, selbst wenn wir sie einmal zufällig erreichen sollten, nicht einmal erkennen würden.

Diesem Uebel, das dem Fortgange aller Wissenschaften feindlich entgegentritt, diesem großen Uebel abzuhelfen, wurde die sogenannte Wahrscheinlichkeitsrechnung erfunden, die zwar schon den Zeiten Newton's angehört, die aber in unsern Tagen erst ihre weitere Ausbildung erhalten hat. Da uns jedoch die Auseinandersetzung dieses wichtigen und interessanten Gegenstandes zu weit von unsern gegenwärtigen Betrachtungen abführen würde, so wollen wir die nähere Betrachtung desselben dem Schlusse dieser Schrift vorbehalten.

Kapitel IV.

Mars.

§. 78. (Obere und untere Planeten.) Die beiden vorhergehenden unteren Planeten, Merkur und Venus, bewegen sich immer innerhalb der Erdbahn um die Sonne, oder ihre Bahnen werden von jener der Erde eingeschlossen. Mars ist der erste, der im Gegentheile sich außerhalb

Digitized by Google

der Erdbahn bewegt, oder er ist der erste der oberen Planeten. Aus dieser Ursache ist er nicht mehr, wie jene, in bestimmte Entfernungen von der Sonne eingeschlossen, oder man sieht ihn nicht bloß in der Nachbarschaft der Sonne, sondern vielmehr unter allen möglichen Winkeln mit derselben, also zuweilen sogar ihr gegenüber, wo er um Mitternacht durch den Meridian geht, und, wie man sagt, mit der Sonne in Opposition ist, was nicht möglich wäre, wenn nicht die Erde, zur Zeit der Opposition, zwischen ihm und der Sonne stünde, wenn also die Erdbahn von der Marsbahn nicht eingeschlossen würde. Auch sieht man ihn, aus derselben Ursache, nie in der Gestalt einer Sichel, wie Merkur und Venus. Zwar bemerkt man zu der Zeit, wo Mars neunzig Grade von der Sonne entfernt ist, den östlichen oder westlichen Rand desselben beschattet, oder dunkel, nahe wie unsern Mond drei Tage vor oder nach dem Vollmonde. Aber dieser dunkle Theil beträgt, selbst wenn er, wie hier, am größten ist, noch nicht den achten Theil der ganzen uns sichtbaren Hälfte dieses Planeten, und ist daher kaum bemerklich. Noch kleiner ist dieser dunkle Theil bei den übrigen oberen Planeten, Jupiter, Saturn und Uranus, die, selbst durch unsere Fernröhre besehen, immer vollkommen rund erscheinen. Aus der sehr kleinen Parallare, die man an diesen letzten drei Planeten beobachtet, folgt, daß sie sehr weit von uns abstehen müssen, und aus dem Mangel aller bemerkbaren Phasen müssen wir den Schluß ziehen, daß wir sie immer in einer Richtung sehen, die nicht sehr von derjenigen verschieden seyn kann, in welcher die Strahlen der Sonne diese Planeten beleuchten, daß also unsere Erde eine Stellung im Weltraume einnimmt, die nie sehr weit von dem Mittelpunkte der Bahnen jener Planeten entfernt seyn kann, d. h. also wieder, daß die Erdbahn von den Bahnen dieser obern Planeten umschlossen wird, daher wir sie auch nie, wie die untern, vor der Sonne vorbei gehen sehen können.

§. 79. (Entfernung und Umlaufszeit des Mars.) Die mittlere Entfernung des Mars von der Sonne oder die halbe große Axe seiner Bahn beträgt 1.524 von der mittlern Entfernung der Erde von der Sonne, oder nahe 32 Millionen Meilen. Da aber die Excentricität seiner elliptischen Bahn sehr groß ist, so kann er sich, im Perihelium, der Sonne bis auf 29 Mill. Meilen nähern, während er im Aphelium 35 Mill. Meilen von ihr absteht. Viel größer noch sind die Verschiedenheiten seiner Distanzen von der Erde. In der Opposition, wo er der Erde am nächsten steht, ist er zuweilen nur 7, in der Conjunction aber, wo er am weitesten von ihr absteht, ist er 54 Millionen Meilen, also nahe 8mal weiter, als in der ersten Lage, von der Erde entfernt.

Der Durchmesser des Mars beträgt 1000 Meilen, oder nur etwas über die Hälfte, genauer $^6/_{10}$ des Erddurchmessers. Die Oberfläche dieses Planeten hat 9 Mill. Quadratmeilen, also $^3/_{10}$ der Erdoberfläche. Das Volum desselben aber beträgt 467 Mill. Kubikmeilen, oder nur $^1/_7$ des Volums der Erde.

Der scheinbare Durchmesser des Mars, wie er von der Erde gesehen wird, muß ebenfalls sehr veränderlich seyn, wie seine Entfernung von uns. In der That beträgt derselbe zur Zeit seiner Conjunction nur 4 Secunden, oder er erscheint da nur in der Größe des Uranus; zur Zeit seiner Opposition aber hat dieser Durchmesser 27 Secunden, ist also da nahe so groß, wie Jupiter zu der Zeit, wo er am kleinsten erscheint. Der Durchmesser der Sonne endlich erscheint den Bewohnern des Mars unter dem Winkel von 1280 Secunden, oder über 10 Minuten kleiner, als uns der Durchmesser der Sonne erscheint.

Digitized by Google

Die Umlaufszeit dieses Planeten um die Sonne beträgt 686.98 Tage in Beziehung auf die Fixsterne, und 686.930 Tage in Beziehung auf den Frühlingspunkt (I. §. 123). Daraus folgt, daß er in seiner mittlern Geschwindigkeit während jeder Secunde nahe $3^2/_3$ Meile zurücklegt. — Die Masse des Mars ist schwer mit Genauigkeit zu bestimmen, da er keinen Satelliten hat. Wir haben kein anderes Mittel als die Störungen, die er in dem Laufe der Erde hervorbringt, um aus ihnen rückwärts auf die eigentliche Kraft, d. h. auf die Masse des störenden Körpers zu schließen. Allein da diese Störungen, wegen der geringen Masse des Mars, selbst wenn sie am größten sind, nur sieben Secunden betragen, so gewähren sie keine hinlängliche Sicherheit. Man nimmt an, daß die Masse des Mars nur etwa $^1/_{10}$ von der Masse der Erde sey, während die Dichte dieser Masse $^7/_{10}$ der mittlern Dichte der Erde betragen soll. Daraus würde folgen, daß die Körper auf der Oberfläche dieses Planeten in der ersten Secunde nur durch $6^3/_{10}$ Fuß fallen, der kleinste Weg, den überhaupt die frei fallenden Körper auf irgend einem Planeten unseres Sonnensystems zurücklegen.

§. 80. (Flecken und Rotation des Mars.) Man erkennt diesen Planeten sehr leicht an seiner trübrothen Farbe, die der des mattglühenden Eisens ähnlich ist. Mit guten Fernröhren hat man auch mehrere Flecken auf seiner Oberfläche beobachtet, die eine braunröthliche, unserer Ochererde, oder unserem rothen Sandsteine ähnliche Farbe haben, und vielleicht das Festland dieses Planeten bezeichnen, während andere, grünlich gefärbte Flecken Seen oder Meere seyn mögen. Cassini beobachtete sie zuerst i. J. 1666, und schloß daraus die tägliche Rotation dieses Planeten um seine Axe gleich 24 St. 40 M. unserer mittleren Zeit (I. § 158). Der ältere Herschel bestimmte diese Umlaufszeit später i. J. 1781 auf 24 St. 39 Min. 21 Sec., und eben so wurde sie auch von Beer Mädler und Kunowsky gefunden, die sich erst in den letzten Jahren mit diesem Gegenstande eifrig beschäftiget haben. Es ist immer merkwürdig, daß die Tage der vier nächsten Planeten bei der Sonne alle nahe gleich lang sind, während sich die von der Sonne entfernteren Planeten durchaus viel geschwinder bewegen. Die letztgenannten Beobachter fanden daß jene Flecken in Beziehung auf ihre Gestalt und auf ihren Ort sehr constant sind, und sie glaubten daraus folgern zu dürfen, daß sie nicht wie man früher glaubte, wolkenartige Gegenstände seyen, sondern daß sie vielmehr der Oberfläche des Mars selbst angehören. Allein dieser Flecken gibt es wohl wenigstens zwei sehr verschiedene Arten. Schröter und Harding haben an den meisten der von ihnen beobachteten Flecken eine sehr große Veränderlichkeit wahrgenommen. Schröter beobachtete mehrmals die Geschwindigkeit, mit welcher sie über die Oberfläche ihres Planeten hinziehen, zu 50 und selbst zu 90 Fuß in einer Secunde, was die Schnelligkeit unserer heftigsten Stürme beinahe um das Doppelte übertrifft. Auch hat man häufig Veränderungen in der Gestalt der einer Gattung dieser Flecken bemerkt, zum Beweise, daß diese wenigstens der Atmosphäre des Mars angehören.

§. 81. (Atmosphäre des Mars.) Auch die Atmosphäre des Mars ist nach einigen Beobachtungen ganz verschieden von der, die wieder Andere gesehen haben wollen. Cassini und Römer sahen öfter kleine Fixsterne, wenn ihnen Mars näher rückte, allmählig dunkler werden und endlich ganz verschwinden, noch ehe sie den eigentlichen Rand des Planeten erreichten. Sie schrieben dieß der sehr starken Atmosphäre desselben zu, die besonders in den untern Schichten so dicht seyn sollte, daß man die kleinen Sterne dadurch nicht mehr sehen konnte. Allein James Sout

Digitized by Google

bemerkte eine solche zu frühe Verschwindung nicht, als er am 28. Nov. 1832 die Bedeckung eines Sterns der achten Größe von Mars, mit besonderer Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand, beobachtete. Hier zeigte sich auch nicht die geringste Spur einer solchen Veränderung des Sterns: er behielt vielmehr sein volles Licht und seine hellblaue Farbe bis zu dem Augenblicke seines eigentlichen Eintritts, und auch bei seinem Austritte zeigte sich keine solche Aenderung, zum Beweise, daß die Atmosphäre des Mars, wenn sie überhaupt existirt, aus sehr zarten und dünnen Stoffen gewebt seyn müsse. Allein man darf nicht unterlassen, hinzuzusetzen, daß sein neunzehnschuhiges Fernrohr von 11.8 Zoll Oeffnung eine ganz außerordentliche Deutlichkeit und Lichtstärke haben soll.

§. 82. (Abplattung des Mars.) Nicht minder zweifelhaft ist man über die Abplattung dieses Planeten an seinen beiden Polen. Der ältere Herschel will das Verhältniß seiner beiden Axen wie 15 zu 16 gefunden haben. Nach andern Beobachtern ist der Unterschied zwischen ihnen viel kleiner. Künftige Beobachtungen mit ausgezeichneten Fernröhren werden uns darüber wohl bald mehr Gewißheit geben. An jedem dieser Pole bemerkt man einen runden, blendend weißen Flecken (M. s. Fig. 84). Er verschwindet allmählig, wenn der Pol eine längere Zeit den Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, oder Sommer hat, und er ist am größten und hellsten, wenn er eben aus der langen Nacht seines Polarwinters heraustritt. Man hat daraus mit vieler Wahrscheinlichkeit den Schluß gezogen, daß diese Flecken große Schneefelder sind. Sie scheinen selbst, wenn sie am größten sind, über die eigentliche Kugel des Planeten hervorzutreten, vielleicht weil sich in den Polen hohe Eisgebirge bilden, vielleicht auch in Folge derselben optischen Täuschung, nach welcher wir den beleuchteten Theil des Mondes immer als das Segment einer größern Kugel sehen, als den übrigen dunkeln Theil. Diese Flecken lehrten uns auch die Neigung des Aequators dieses Planeten gegen seine Bahn kennen. Sie beträgt 28° 42′, ist also nicht sehr von unserer Schiefe der Ekliptik verschieden, daher auch die Abwechslung der Jahreszeiten auf dem Mars nahe dieselben Erscheinungen zeigen wird, wie auf der Erde. Aber die Beleuchtung, welche Mars von der Sonne erhält, ist nur die Hälfte von jener der Erde, da diese sich immer verhält, wie das Quadrat der Entfernung von dem leuchtenden Körper. Diejenige Beleuchtung aber, welche die Erde von dem geborgten Lichte des Mars erhält, ist gegen 9000 Millionenmal schwächer, als das der Sonne, d. h. erst 9000 Millionen dem Mars ähnliche und mit ihm gleich stark beleuchtete Kugeln neben einander gesetzt, würden auf der Erde ein solches Licht verbreiten, welches unserem hellen Mittagslichte gleicht.

§. 83. (Wichtige Dienste, die Mars der Astronomie geleistet hat.) Satelliten hat man, wie gesagt, an diesem Planeten noch keine bemerkt; demungeachtet könnten sie doch wohl existiren. Da Mars selbst nur so matt beleuchtet ist, so wäre es möglich, daß diese Satelliten ihr von der Sonne erhaltenes Licht in noch schwächerem Grade zurückwerfen, und daß sie sich überdieß vielleicht mehrere Grade von ihrem Hauptplaneten entfernen, wodurch das Auffinden dieser Monde sehr erschwert werden müßte. Es wäre deßhalb vielleicht zweckmäßig, diesen Planeten und seine Umgebungen besonders zu der Zeit seiner Opposition, wo er der Erde am nächsten steht, mit lichtstarken Fernröhren aufmerksam und wiederholt zu untersuchen.

Uebrigens hat uns dieser Planet, in Beziehung auf unsere Kenntniß des ganzen Sonnensystems, schon zweimal sehr wichtige Dienste geleistet. Wir haben im vorhergehenden Kapitel gesehen, daß Mars es

Digitized by Google

war, der uns die erste genaue Bestimmung der Sonnenparallaxe, und damit die Kenntniß der wahren Größe unseres Weltsystems gegeben hat. Eben so haben wir auch schon oben (I. Kap. IX.) erwähnt, daß die große Excentricität der Marsbahn es war, die Kepler auf die Entdeckung der elliptischen Bewegung der Planeten geführt hat. Hätte sich zufällig zu der Zeit, als Kepler sich mit Tycho zur Förderung der Wissenschaft verband, der Letzte mit einem andern Planeten beschäftigt, so würde Kepler seine große Entdeckung, durch welche die Astronomie eine ganz andere Gestalt erhielt, höchst wahrscheinlich nicht gemacht haben, da er bei den so unvollkommenen Beobachtungen seiner Zeit schon Mühe genug hatte, auch nur die an sich so große Ellipticität der Marsbahn zu erkennen.

Kapitel V.

Die vier neuen Planeten.

§. 84. (Merkwürdige Reihe der Entfernungen der Planeten.) Wenn man die mittleren Distanzen der älteren Planeten von der Sonne, die wir bereits oben (I. §. 100) gegeben haben, näher betrachtet, so findet man zwischen Mars und Jupiter eine auffallend große Lücke. Bezeichnet man nämlich die mittlere Entfernung Merkurs von der Sonne mit 4, so erhält man für die der Venus 7, der Erde 10, des Mars 16, des Jupiter 52, des Saturn 100 und des Uranus 196. Diese Zahlen gehen nach einem bestimmten Gesetze fort, das man sogleich bemerkt, wenn man sie so schreibt:

Merkur	4		
Venus	4	und	3
Erde	4	und	2 mal 3
Mars	4	und	4 mal 3
Jupiter	4	und	16 mal 3
Saturn	4	und	32 mal 3
Uranus	4	und	64 mal 3.

Es sind aber die Zahlen 2, 4, 8, 16, 32 und 64, wie bekannt, die sogenannten 1sten, 2ten, 3ten, 4ten Potenzen der Zahl 2, indem man jene erhält, wenn man die Zahl 2 nach und nach mit sich selbst 2, 3, 4mal multiplicirt. Von diesen Potenzen fehlt in der obigen Reihe die dritte, oder die Zahl 8, und diese Lücke ist es, die den Astronomen, und unter ihnen, wie man sagt, zuerst Kepler auffiel, daher dieselben auch einen bisher unbekannten Planeten in dem großen Zwischenraume vermutheten, welcher die Bahnen des Mars und Jupiter von einander trennt. Obschon, wie man gestehen muß, die Zahlen der vorhergehenden Reihe nicht eben sehr genau sind, da sie eigentlich (I. §. 100) seyn sollten 4.0, 7.5, 10.3, 15.7, 53.7 u. s., so wollte man doch nicht von der früher gehegten Meinung abgehen, und unter den deutschen Astronomen soll es vorzüglich

Digitized by Google

Bode gewesen seyn, der darauf bestand, in jenem Zwischenraume noch einen neuen Planeten zu suchen.

§. 85. (Entdeckung der vier neuen Planeten, Entfernungen und Durchmesser derselben.) Erst mit dem Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts bestätigte sich endlich der so lange gehegte Verdacht, da in jenem Zwischenraume nicht bloß einer, sondern bald nach einander sogar vier neue Planeten gefunden wurden, nämlich:

Ceres ☽ am 1sten Januar 1801 von Piazzi,
Pallas ♀ am 28sten März 1802 von Olbers,
Juno ☿ am 1sten September 1804 von Harding und
Vesta ☐ am 29sten März 1807 von Olbers.

Die Umlaufszeiten, also auch die mittleren Entfernungen dieser Asteroiden, wie sie Herschel nannte, sind alle nahe von gleicher Größe, wie man aus der bereits (I. §. 100) angeführten Tafel sehen kann. In deutschen Meilen ausgedrückt, betragen diese mittleren Entfernungen von der Sonne

bei Vesta $49^1/_2$ Millionen Meilen.
Juno $55^3/_4$ „ „
Ceres $57^1/_4$ „ „
Pallas $57^3/_4$ „ „

Allein die wahren Entfernungen dieser Planeten sind, wegen der großen Excentricitäten ihrer Bahnen, sehr verschieden, besonders bei Pallas und Juno; wo sie von 41 bis 72 Millionen Meilen gehen können. Nicht mindere Differenzen findet man auch bei ihren Entfernungen von der Erde, so daß man hat:

	größte Entfernung von der Erde:	kleinste Entfernung von der Erde:
Vesta	72	23 Mill. Meilen.
Juno	88	19 „ „
Ceres	81	31 „ „
Pallas	90	21 „ „

Da ihr Abstand von der Erde so veränderlich ist, so muß es auch ihr scheinbarer Durchmesser seyn, allein die Messung dieser Durchmesser scheint mit besondern Schwierigkeiten verbunden, wegen der veränderlichen Atmosphäre, mit welcher diese Planeten umgeben sind. Nach Schröters Messungen sollen diese scheinbaren Durchmesser seyn:

	der kleinste:	der größte:
Vesta	0.2	0.5
Juno	0.7	3.3
Ceres	0.9	2.3
Pallas	1.0	4.2

Nach Herschel aber soll keiner dieser Durchmesser, auch wo er am größten ist, eine ganze Secunde übersteigen. Da man sonach die scheinbaren Durchmesser dieser Himmelskörper so wenig kennt, so kann man auch ihren wahren nicht mit größerer Sicherheit angeben. Nach Schröter würden die letzten, in der angeführten Ordnung 59, 308, 350 und 452 Meilen betragen, also würde Vesta an körperlichem Inhalte 25000mal kleiner seyn, als die Erde, und selbst aus unserem Monde würde man noch 540 der Vesta gleiche Kugeln bilden können. Auf der Vesta würde ein Reisender, der täglich sechs Meilen zurücklegt, in zwei Wochen seine Antipoden besuchen und in einem Monate die sogenannte Reise um die Welt machen können.

Digitized by Google

§. 86. (Ursprung dieser Planeten.) Ueberhaupt gehören also diese Planeten zu den kleinsten Himmelskörpern, die wir kennen, und es ist sehr wahrscheinlich, daß noch mehrere, vielleicht noch viel kleinere, sich in denselben Regionen bewegen, die wir aber bisher noch nicht bemerkt haben und vielleicht auch noch lange unter den kleinen Fixsternen des Himmels übersehen werden. Mehrere Astronomen haben nämlich die Hypothese aufgestellt, daß diese kleinen Planeten alle nur Trümmer eines einzigen großen sind, der durch die Wirkung innerer Kräfte geborsten oder durch den Anstoß eines äußeren Körpers zersprengt worden ist. Der jüngere Herschel, der diese Ansicht nicht gelten lassen will, macht dabei die Bemerkung: This may serve as a specimen of the dreams, in which Astronomers, like other speculators, occasionally and harmelessly indulge. Allein dieser Traum, wenn er einer ist, verhalf uns zur Entdeckung der Vesta. Olbers hatte nämlich schon früher bemerkt, daß Juno, Ceres und Pallas, da sie beinahe dieselbe mittlere Entfernung von der Sonne haben, auch einander immer sehr nahe kommen müssen, so oft ihre Knoten nahe in dieselbe Himmelsgegend fallen, wie dieß z. B. mit Ceres und Pallas in etwa 300 Jahren der Fall seyn wird, und in früheren Zeiten auch wohl schon oft gewesen seyn muß. Dieses Zusammentreffen spricht allerdings für einen gemeinschaftlichen, vielleicht dem oben erwähnten ähnlichen Ursprung, und es leitete ihn zugleich auf die Idee, noch andere solcher Planeten in derjenigen Gegend zu suchen, wo diese Knoten sich mit der Zeit vereinigen, wofür er den nördlichen Flügel der Jungfrau und den ihm entgegenstehenden Punkt des Himmels angegeben hatte. Indem er aber selbst diese Gegenden fleißig durchsuchte, war Olbers, der schon früher die Pallas entdeckt hatte, so glücklich, auch noch die Vesta zu finden.

Da uns die Durchmesser dieser Planeten nur so unvollkommen bekannt sind, so können wir auch die Masse und Dichtigkeit derselben so wenig, als die Schwere auf ihrer Oberfläche angeben. Wahrscheinlich ist diese Schwere sehr gering, und der freie Fall der Körper in der ersten Secunde kaum einen Schuh groß. Es wäre möglich, daß so kleine Körper wieder nur von verhältnißmäßig kleinen Geschöpfen bewohnt sind, allein es könnte auch seyn, daß, eben wegen der geringen Schwere dieser Planeten, ihre Bewohner als Riesen gegen die der Erde zu betrachten sind, unseren Wallfischen z. B. ähnlich, die dort das feste Land bewohnen, während sie bei uns nur im Wasser, das ihre Schwere so bedeutend vermindert, leben und sich frei bewegen können u. s. f.

§. 87. (Neigung, Knoten und Excentricität ihrer Bahnen.) Obschon die Bahnen, in welchen sich diese vier Planeten bewegen, nahe von derselben Größe sind, so sind sie doch so gegen einander geneigt, daß ein Begegnen dieser Planeten leicht vermieden werden kann, indem einige Bahnen ihre Knoten eben dort haben, wo andere in ihrer größten nördlichen oder südlichen Breite sind. Diese Bahnen zeichnen sich noch durch ihre sehr große Excentricität aus, wodurch sie den langgestreckten elliptischen Bahnen der Kometen ähnlich werden. Bei Juno und Pallas beträgt diese Excentricität schon den vierten Theil, und bei Vesta nahe den fünften Theil der mittlern Entfernung von der Sonne. Eben so ungewöhnlich sind die Neigungen dieser Bahnen gegen die Ekliptik. Bei den älteren Planeten gehen diese Neigungen nur bis 7 Grade, während Juno 13 und Pallas sogar 34½ Grade sich von der Ekliptik entfernt. Dadurch hat der alte Thierkreis (Zodiacus) seine Bedeutung verloren. Die Alten dachten sich nämlich eine der Ekliptik parallele, zu beiden Seiten derselben zehn Grade breite Zone, in welcher sie die oben (I. §. 53)

Digitized by Google

erwähnten zwölf Sternbilder annahmen, und in welcher sich nebst der Sonne, deren Bahn genau in der Mitte des Thierkreises liegt, auch der Mond und alle übrigen, den Alten bekannten Planeten bewegten. Allein die vier neuen Planeten gehen, von der Erde gesehen, zuweilen so weit von der Ekliptik weg, daß der neue Thierkreis, der sie alle einschließt, eine Breite von mehr als hundert Graden haben müßte.

§. 88. (Große Störungen, welche diese Planeten erleiden.) Durch ihre großen Excentricitäten und Neigungen sind diese Planeten den Astronomen noch in einer anderen, sehr wichtigen Beziehung interessant geworden. Wir werden späterhin sehen, daß die Wirkungen, welche die Planeten auf einander äußern und wodurch sie die sogenannten Störungen ihres Ganges hervorbringen, sehr schwer, ja eigentlich ganz unmöglich genau zu berechnen sind, und daß man sich also, des vollkommenen Zustandes unserer mathematischen Analyse ungeachtet, mit einer bloßen approximirten Rechnung begnügen mußte, die glücklicher Weise hinreichte, die Beobachtungen der alten Planeten, deren Störungen durchaus nur gering sind, genügend darzustellen. Allein die großen Excentricitäten und Neigungen der neuen Planeten sind Ursache, daß diejenigen Störungen, welche sie unter sich sowohl, als vorzüglich von den viel größern ältern Planeten erleiden, ebenfalls viel bedeutender werden, als die der älteren Planeten, und daß jene bloß annähernden Methoden nicht mehr ausreichen, um auch die Störungen der neuen Planeten den Beobachtungen gemäß darzustellen. Wir sind daher gezwungen, auf andere Mittel zu denken, um jene Approximationen noch weiter treiben zu können, oder mit andern Worten, wir sind gleichsam von der Natur selbst aufgefordert, die Theorie der Mathematik zu vervollkommnen und neue Mittel zu finden, um durch sie die Geheimnisse des Himmels näher kennen zu lernen.

Eben so werden wir später sehen, daß diese Störungen, besonders wenn sie sehr groß sind, ein gutes Mittel darbieten, die Massen der störenden Planeten zu bestimmen. Newton zeigte uns nur, wie man die Massen derjenigen Planeten finden kann, die mit Satelliten umgeben sind. Die Störungen aber konnte er zu diesem Zwecke nicht benutzen, da sie bei den ältern Planeten viel zu klein und auch damals noch nicht genau genug bekannt waren. Allein die Störungen, welche die neuen Planeten z. B. durch Jupiter erleiden, sind so groß, daß sie sogar das beste Mittel an die Hand geben, die Masse dieses größten Planeten unseres Systems zu bestimmen, und daß wir, erst seit wir dasselbe in der That angewendet haben, zu der eigentlichen Kenntniß dieser Masse gekommen sind.

§. 89. (Sichtbarkeit dieser Planeten.) Da diese neuen Planeten so klein sind, so muß es auffallen, daß sie demungeachtet oft in einem so hellen Lichte erscheinen. Ceres zeigt häufige Abwechslungen in ihrem Glanze. Zuweilen erscheint sie röthlich und hell, so daß man sie wohl selbst mit freien Augen sehen kann; zuweilen erblickt man sie in einem schwachen weißlichen Lichte, wo sie nur durch Fernröhre sichtbar ist. Besonders merkwürdig ist aber das Licht der Vesta. Obschon dieser Planet so ungemein klein ist, so hat er doch ein sehr lebhaftes, den Fixsternen ähnliches Licht, und in günstigen Verhältnissen erscheint er selbst dem freien Auge als ein Stern der sechsten Größe. Es ist möglich, daß dieser Planet aus einer harten Masse besteht, die sich in ihren äußersten Schichten als eine Menge von spiegelnden Flächen, wie Demantfelsen, um ihn anlegt, oder auch, daß dieser Planet, wie die andern Sterne des Himmels, ein eigenes intensives Licht besitzt.

Digitized by Google

§. 90. (Atmosphäre dieser Planeten.) So wie die großen Excentricitäten und Neigungen ihrer Bahnen sie den Kometen zu nähern scheinen, so werden sie diesen sonderbaren Weltkörpern auch durch die gewaltigen Atmosphären ähnlich, von welchen sie, wenigstens zuweilen, umgeben sind. Bei Ceres und Pallas scheint sich diese Atmosphäre öfter über 100 Meilen von ihrer Oberfläche zu erstrecken, wo sie dann, nach Art mancher Kometen, in einen dichten Nebel eingehüllt sind, der ihren eigentlichen Kern ganz unsichtbar macht, während sie wieder zu andern Zeiten, scharf begränzt und klein, in dem reinsten Fixsternlichte zu glänzen scheinen. Schröter wollte bemerkt haben, daß sich diese Atmosphäre oft um mehr als das Doppelte ihres Raumes zusammenziehe und zuweilen sogar ganz verschwinde. Aehnliche, nur nicht so große Veränderungen hat man auch bei der Juno, aber nicht an der Vesta entdeckt. Wahrscheinlich gehen auf der Oberfläche jener drei Planeten gewaltige Veränderungen vor; Veränderungen, gegen welche unsere Stürme und Ueberschwemmungen ganz verschwinden. Daß man aber bei so kleinen und in so dichte Atmosphären gehüllten Körpern noch keine Flecken entdeckt hat, und daß daher auch die Rotation derselben uns noch völlig unbekannt ist, darf kaum ausdrücklich erinnert werden.

Kapitel VI.

Jupiter.

§. 91. (Distanz, Umlaufszeit und Durchmesser Jupiters.) Dieser größte aller Planeten wird leicht an seinem hellgelben, intensiven Lichte, und durch mäßige Fernröhre, an seinem beträchtlichen scheinbaren Durchmesser und seinen vier Begleitern erkannt, die ihn immer umgeben und in einer geraden, durch seinen Mittelpunkt gehenden Linie gereiht erscheinen. Seine mittlere Entfernung von der Sonne ist nahe $5\frac{1}{5}$mal größer, als die der Erde, oder gleich $108\frac{1}{2}$ Millionen Meilen. Die Excentricität seiner Bahn beträgt nur $\frac{1}{20}$ seiner mittleren Entfernung, daher steht er in seinem Aphelium (I. §. 130) $113\frac{4}{5}$ und in seinem Perihelium nur $103\frac{2}{3}$ Millionen Meilen von der Sonne ab. Seine Entfernung von der Erde aber wechselt von 79 bis 130 Millionen Meilen, so daß er uns zur Zeit seiner Opposition (I. §. 74) beinahe noch einmal so nahe steht, als in seiner Conjunction. Sein scheinbarer Durchmesser von der Erde gesehen beträgt 49 Sec. zur Zeit der Opposition und nur 30 Sec. in der Conjunction. Daraus und aus seiner Entfernung folgt (I. §. 65)

Digitized by Google

der wahre Durchmesser dieses Planeten 19980 Meilen, also 11mal größer, als der Durchmesser der Erde. Seine Oberfläche ist daher auch 121 und sein Volum 1333mal größer, als das der Erde, oder aus diesem Planeten könnte man 1333 der Erde an Größe gleiche Kugeln bilden, aus der Sonne aber würden sich im Gegentheile 905 dem Jupiter, und 1300000 der Erde gleiche Kugeln machen lassen.

In seiner mittlern Bewegung um die Sonne legt er während einer jeden Secunde nur $1\,^{7}/_{10}$ Meilen zurück, geht also nahe $2\,^{4}/_{5}$mal langsamer, als die Erde und 4mal langsamer, als Merkur. Nimmt man, den neuesten Bestimmungen zu Folge, seine Masse gleich $^{1}/_{1054}$ der Sonnenmasse an, so enthält er 340mal mehr Masse oder mehr materiellen Stoff, als die Erde, d. h. Jupiter in einer und 340 Erden in der andern Schaale würden die Waage im Gleichgewichte halten. Allein die Dichtigkeit dieser Masse ist nur der vierte Theil von jener der Erdmasse oder die mittlere Dichtigkeit des Stoffes, aus dem Jupiter besteht, ist nahe der unseres Bernsteines gleich. Dieser geringen Dichtigkeit ungeachtet fallen, wegen der großen Masse dieses Planeten, die Körper auf seiner Oberfläche in der ersten Secunde durch $38\,^{4}/_{5}$ Fuß.

Durch die Größe seines Umfangs oder vielmehr durch die Größe seiner Masse erscheint Jupiter gleichsam als der zweite Hauptkörper unseres Sonnensystems. In der That übertrifft er an Masse die aller andern Planeten zusammen genommen nahe dreimal. Daher ist ihm auch ein eigener Staat an den bereits erwähnten vier Monden zugewiesen, eine eigene kleine Welt, die ihn auf seinem weiten Wege um die Sonne begleitet:

> With kingly state, the rival of the Sun.
> *Milt.*

§. 92. (Unterschiede der drei entferntesten Planeten von den andern.) Dieser Planet ist gleichsam der erste einer ganz neuen Art. In der That unterscheiden sich die bisher betrachteten: Merkur, Venus und Mars, in vielen Rücksichten wesentlich von den nun folgenden: Jupiter, Saturn und Uranus, und die sogenannten vier neuen Planeten sind gleichsam als ein Zwischenglied zu betrachten, wodurch jene beiden Reihen mit einander verbunden werden. Jene vier erfreuen sich, so wie die Erde, einer immerwährenden Nähe der Sonne, während diese immer mehr von ihr wegtreten, wie denn z. B. der Durchmesser der Sonne auf Jupiter nur mehr unter dem kleinen Winkel von $6\,^{1}/_{5}$ Min., also nahe fünfmal kleiner, als auf der Erde, erscheint. Jene vier drehen sich ferner alle nahe in derselben Zeit, während 24 unserer Stunden, um sich selbst, so daß also die Länge der Tage und Nächte, für die Bewohner ihrer Aequatoren, nahe eben so lang sind, als bei uns; diese drei aber, obschon sie alle bei weitem die größten sind, bewegen sich sämmtlich viel schneller um ihre eigene Axe; Jupiter und Saturn in $^{2}/_{5}$ und Uranus sogar schon während $^{3}/_{10}$ eines unserer Tage, so daß also hier Tag und Nacht viel schneller wechseln, als dort. Aus dieser Ursache bemerkt man auch an diesen dreien, wie wir bald näher sehen werden, eine sehr starke, selbst in dieser großen Entfernung noch sichtbare Abplattung, die im Gegentheile bei jenen vier der Sonne näheren Planeten durchaus sehr klein ist. Jene vier gehören ferner im Allgemeinen zu den kleineren Planeten, denn Venus hat nur $^{4}/_{5}$, Mars $^{1}/_{5}$ und Merkur sogar nur $^{1}/_{25}$ des Volums der Erde, da im Gegentheile Jupiter 1333, Saturn 928 und Uranus 76mal mehr Volum, als die Erde hat. Eben so verschieden

Digitized by Google

sind ferner auch die Massen dieser zwei Gattungen von Planeten, denn wenn man die Masse der Erde als Einheit annimmt, so ist die der Venus $^9/_{10}$, des Merkur $^1/_6$ und die des Mars nahe $^1/_8$, während im Gegentheile die Masse Jupiters 316, die des Saturn 95 und die des Uranus 17 mal größer ist, als die der Erde. Endlich scheint dieser Unterschied sich selbst auf die Dichtigkeiten dieser Massen fortzusetzen, denn die Dichtigkeit Merkurs ist $3^3/_5$, der Venus $1^1/_{10}$ und des Mars $^7/_{10}$ von der der Erde, während die Dichtigkeit Jupiters und des Uranus nur $^1/_5$ und die des Saturn nur $^1/_{10}$ von der Dichtigkeit der Erde beträgt, so daß also jene vier Planeten an Beleuchtung und Erwärmung, an der Länge der Tage und an Dichtigkeit den drei entferntern vorgehen, während sie wieder von diesen an der Größe ihres Umfangs, an der Menge ihres körperlichen Stoffs und an der Abplattung ihrer Pole übertroffen werden.

§. 93. (Atmosphäre Jupiters.) Man könnte selbst noch einen andern Unterschied anführen, durch welchen sich diese zwei abgesonderten Planetenfamilien, wenn man so sagen darf, wesentlich unterscheiden. Die Atmosphären nämlich, mit welchen sie alle umgeben sind, bestehen bei jenen vier der Sonne nähern Planeten aus einem luftförmigen, äußerst lockern Gewebe, während sie bei den drei andern eine mehr feste, starre, vielleicht schon unsern tropfbaren Flüssigkeiten ähnliche Masse zu bilden scheinen. Man sieht nämlich auf der Oberfläche Jupiters vier bis fünf große und mehrere kleinere Streifen, die alle unserer Ekliptik oder eigentlich dem Aequator Jupiters parallel sind und von welchen die größern durch die ganze Scheibe dieses Planeten gehen. Fontana soll die drei größten derselben im J. 1633 entdeckt haben, und Campana fand mit den von ihm selbst verbesserten, für seine Zeit vortrefflichen Fernröhren i. J. 1664 vier dunkle und zwei helle Streifen. Hevel und Cassini erkannten zuerst, daß sie der Ekliptik nahe parallel sind. Die Figur Jupiters (Fig. 85) zeigt diese Streifen nach den Beobachtungen des jüngeren Herschels. Außer diesen langen Streifen sieht man noch kleinere, dunkle, wolkenartige Flecken. Von jenen größern sind die zwei dem Aequator nächsten die breitesten und dunkelsten von allen, und zugleich in ihren Formen die beständigsten; die übrigen sind großen Veränderungen ihrer Gestalt sowohl, als auch ihres Ortes unterworfen. Die kleineren entstehen und verschwinden oft schon in mehreren Stunden, doch sind ihre Ortsveränderungen, wo man sie bemerkt, immer denen der großen, also dem Aequator Jupiters, parallel. Zuweilen sieht man sie, wie unsere Wolken, sich anhäufen und wieder trennen, und über einen großen Theil Jupiters sich verbreiten. Aus den großen Streifen laufen öfter kleinere, wie Strahlen, aus, und zuweilen sieht man auch mitten in den Streifen ganz schwarze Flecken entstehen. Es scheint, daß man in diesen Streifen den dunkeln Theil der Oberfläche des Planeten sieht, wenn über diesem Theile die Atmosphäre sich trennt oder eine Oeffnung erhält, weil man diese dunkeln Flecken nie in ihrer ganzen Farbenstärke bis an den Rand der Scheibe kommen, sondern sie immer zuerst schwächer werden und dann erst allmählig verschwinden sieht, wie sie dem Rande näher kommen. Es gibt Zeiten, wo alle diese Streifen sehr schwach erscheinen, wenn auch unsere eigene Atmosphäre ganz heiter ist. Zuweilen sieht man acht bis zehn lange, parallele, nahe an einander gedrückte Streifen; ja der ältere Herschel soll einmal über vierzig derselben gezählt haben.

§. 94. (Streifen und Flecken auf Jupiter.) Es ist durchaus nicht wahrscheinlich, daß diese Streifen und Flecken der Oberfläche Jupiters

Digitized by Google

selbst angehören. Sie bilden sich vielmehr in der Atmosphäre des Planeten, weil sie in ihren Bewegungen beinahe immer von West nach Ost gehen, und weil auch die Geschwindigkeit derselben nicht mit der Umdrehung Jupiters um seine Axe übereinstimmt. Diese letzte beträgt nicht ganz zehn unserer Stunden, während diese Flecken ihre Umlaufszeit in 7, 8 bis 10 Stunden vollenden. Nahe am Aequator sieht man öfter solche Flecken, die in jeder Secunde 300 bis 400 Fuß zurücklegen, also die Geschwindigkeit unserer heftigen Stürme mehr als achtmal übertreffen. Schröter hat sogar Flecken beobachtet, die 10000 Fuß in einer Secunde zurücklegen. Wahrscheinlich werden sie über der Oberfläche Jupiters durch starke, nach einer constanten Richtung gehende Winde, die unseren Passatwinden ähnlich sind, in Bewegung gesetzt. Wenn diese Flecken der Oberfläche des Planeten selbst angehörten, so müßten diese beinahe täglich vorkommenden Zerrüttungen die Oberfläche des Planeten gänzlich unbewohnbar machen, und man müßte annehmen, daß dort große, flüssige, unserem Meere ähnliche Massen täglich aus ihren Ufern treten und das Festland bald mit ihren Fluthen bedecken, bald wieder dasselbe trocken legen. Wenn aber auch diese Veränderungen nur in der Atmosphäre Jupiters vor sich gehen, so muß diese Atmosphäre doch von unserer irdischen sehr verschieden seyn, und eine viel größere Dichtigkeit haben. Schon Cassini beobachtete in wenigen Stunden plötzliche Verdunklungen und Aufheiterungen großer Strecken von 10000 und 20000 Quadratmeilen der Oberfläche dieses Planeten, eine Erscheinung, die Schröter besonders an den beiden Polen Jupiters sehr oft sich wiederholen sah. Die Luft, welche diesen Planeten umgibt, kömmt vielleicht an Dichtigkeit schon der unseres Wassers nahe, und die Ausdünstungen und Wolken, welche in dieser Atmosphäre von den heftigen Stürmen bewegt werden, mögen schon unsern festen Körpern oder, wenn man will, den hölzernen Wolken auf unsern Altären gleichen. Gewiß ist, daß die Revolutionen, welche in jener Atmosphäre vor sich gehen, an Intensität und Ausdehnung mit unsern Orkanen und Stürmen nicht mehr verglichen werden können. Büffon sagte daher, daß Jupiter, dessen Gestalt sich beinahe jede Stunde ändere, das Bild des Chaos zeige, und er meinte, daß diese immerwährenden, gewaltsamen Aenderungen die Folge einer innern Incandescenz seyn müssen.

§. 95. (Rotation Jupiters.) D. Cassini hatte unter den vielen kleinern Flecken Jupiters einen gefunden, der seinen Ort auf dem Planeten wenigstens nicht merkbar veränderte, und er bediente sich desselben, die Rotation dieses Planeten um seine Axe zu bestimmen, die er gleich 9.93 unserer Stunden fand. Schröter erhielt später aus seinen eigenen Beobachtungen 9″.942. Die wahre Größe dieser Rotation ist schwer mit Genauigkeit zu bestimmen, da man nicht leicht einen Flecken ohne Ortsveränderung trifft. Der ältere Herschel verfolgte diesen Gegenstand lange und fand mehrere Resultate von 9″.86 bis 9″.92, der jüngere Herschel nimmt dafür 9″.93 an.

§. 96. (Abplattung Jupiters.) Diese schnelle Umdrehung einer so ungeheuern Kugel ist sehr merkwürdig. Nach ihr legt ein Punkt des Aequators in einer Secunde $1^{7}/_{10}$ Meilen oder 39070 P. Fuß, also nahe 27 mal mehr, als ein Punkt des Erdäquators zurück, während der Mittelpunkt dieses Planeten in seinem Laufe um die Sonne während jeder Secunde nahe $1^{6}/_{10}$ Meilen fortgeht. Diese beiden Geschwindigkeiten, der Rotation und der Revolution, sind also hier nur sehr wenig verschieden, und auch dieß ist eine den drei äußersten Planeten gemeinsame

Digitized by Google

Eigenschaft, durch welche sie sich von den vier anderen unterscheiden. Bei Jupiter und Saturn sind diese beiden Geschwindigkeiten sehr wenig, und bei Uranus, so viel wir aus unseren bisherigen Beobachtungen schließen können, gar nicht verschieden, während im Gegentheile die fortrückende Bewegung zu der rotirenden sich verhält bei Merkur wie 302, bei Venus wie 78, bei der Erde wie 67 und bei Mars wie 96 zu 1. — Diese schnelle Rotation Jupiters hat auch eine sehr große Abplattung an seinen Polen zur Folge. Nach den ersten Bestimmungen derselben, von D. Cassini i. J. 1666, soll sich die große Axe Jupiters zur kleinen wie 15 zu 14 verhalten, oder seine Abplattung soll gleich 0.066 seyn. Später fand Pound diese Abplattung gleich 0.075. Short bestimmte mit einem sehr guten Heliometer dieselbe zu 0.071, Köhler zu 0.065 und Schröter sogar zu 0.083. Nach der letzten Bestimmung würde also der Aequatorialhalbmesser Jupiters die halbe Polaraxe desselben um 800 Meilen übertreffen, während bei der Erde dieser Unterschied nur etwa 3 Meilen beträgt. Daß aber die Abplattung mit der Rotations-Geschwindigkeit wachsen muß, ist schon oben (I. §. 27) gezeigt worden. Nach den neuesten Beobachtungen von Struve betragen diese zwei Durchmesser Jupiters in seiner mittlern Entfernung 38″.442 und 35″.645, also die Abplattung 0.072S. Auch stimmt diese starke Abplattung sehr gut mit der Theorie von der Gestalt der Himmelskörper. Laplace, dem wir die Entwicklung dieser Lehre vorzüglich verdanken, war sogar der Ansicht, daß die Bestimmung der Abplattung Jupiters, durch die Theorie genauer ist, als die der unmittelbaren Beobachtung, welche letzte in der That mit großen Schwierigkeiten verbunden ist, wie schon die so eben erwähnten, unter sich sehr abweichenden Angaben zeigen.

§. 97. (Jahreszeiten auf Jupiter.) Die Axe seines Aequators ist gegen die Axe seiner Bahn nur um den kleinen Winkel von drei Graden geneigt, d. h. die Schiefe der Ekliptik beträgt bei Jupiter nur drei Grade, nahe achtmal weniger als bei der Erde. Da aber der Wechsel der Jahreszeiten von der Größe dieser Schiefe abhängt, so folgt, daß auf Jupiter dieser Wechsel sehr gering, oder daß der Sommer daselbst nur sehr wenig von dem Winter verschieden seyn wird. Dasselbe gilt auch von den Tageszeiten; bloß die Gegenden zunächst um die beiden Pole ausgenommen, denen die Sonne eine Zeit ihres Jahres nicht auf- oder nicht untergeht, ist für bei weitem den größten Theil der Oberfläche Jupiters das ganze Jahr hindurch der Tag und die Nacht von nahe gleicher Länge, d. h. gleich fünf unserer Stunden. Desto fühlbarer mag aber für die Bewohner dieses Planeten der Unterschied der *Klimate* seyn, wenn sie gleich den Unterschied ihrer *Jahreszeiten* vielleicht nur mit Mühe bemerken. Die Temperatur und die Witterung wird nämlich für dasselbe Land im Sommer und Winter nur wenig verschieden seyn, aber es wird, in Beziehung auf dieselben Eigenschaften, sehr viel darauf ankommen, ob das Land nahe oder ferne von dem Aequator liegt. In der dem Aequator zunächst liegenden Zone herrscht ein ewiger Frühling oder Sommer, da die Sonne beinahe immer in dem Scheitel der Bewohner dieser Zonen erscheint. Unter den beiden Polen aber sieht man die Sonne, selbst wenn sie, in der Mitte ihres sogenannten Sommers, am höchsten steht, nur drei Grade über dem Horizonte. Diese letzten Gegenden müssen also unter ewigen Schneefeldern und Eisgebirgen begraben seyn, die um so weniger aufthauen oder abnehmen können, da die über hundert Millionen Meilen entfernte Sonne auf den Jupiter nur mehr als eine sehr kleine Scheibe, siebenundzwanzigmal kleiner als auf der Erde, erscheint. Aehnliche scharfe Abschnitte des Klimas wird

Digitized by Google

man auch in den zwischen jenen beiden Extremen liegenden Gegenden bemerken, da die lange Dauer der Jahreszeiten (sein Jahr ist zwölf der unseren gleich) dort auch einen stärkeren und bleibenderen Eindruck machen wird. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß die constanten, dem Aequator parallelen Streifen, von welchen wir oben gesprochen haben, eine Folge dieses Eindrucks, gleichsam ein stehender Typus der dort so sehr verschiedenen Klimate seyn mögen.

§. 98. (Masse Jupiters.) So wie die Umlaufszeit und die Abplattung dieses Planeten nur schwer mit Genauigkeit zu bestimmen ist, eben so große und wohl noch größere Schwierigkeiten bot die Masse desselben dar, deren genaue Kenntniß den Astronomen doch so wichtig ist, weil von ihr der größte Theil der Störungen abhängt, welche die anderen, besonders die ihm näher stehenden Planeten erfahren. Wir werden im Folgenden sehen, auf welche Weise man das Verhältniß der Masse eines mit Satelliten versehenen Planeten gegen die Masse der Sonne bestimmen kann, wenn die Umlaufszeit des Planeten um die Sonne, die Umlaufszeit des Satelliten um seinen Hauptplaneten, und endlich der scheinbare Halbmesser der Bahn dieses Satelliten zur Zeit der mittlern Entfernung des Jupiters von der Sonne durch die Beobachtungen gegeben ist. Nennt man nämlich a das Produkt des Würfels dieses Halbmessers, multiplicirt in das Quadrat der Umlaufszeit des Planeten, und dividirt durch das Quadrat der Umlaufszeit des Satelliten, so findet man die Masse dieses Planeten gleich der Größe a dividirt durch 1 — a, wenn die Sonnenmasse als Einheit vorausgesetzt wird. Newton hat uns diese schöne und einfache Methode bekannt gemacht und sie auch zugleich auf Jupiter angewendet. Indem er den Halbmesser der Bahn des vierten Satelliten aus den Beobachtungen seines Freundes Halley zu Grunde legte, fand er (Princ. philos.) die Masse Jupiters gleich $^1/_{1033}$ der Sonnenmasse. Später nahm er aus Pound's Messungen einen andern Halbmesser jener Bahn an und fand für diese Masse $^1/_{1067}$ und diese letzte wurde von allen Astronomen des achtzehnten Jahrhunderts als die wahre angenommen, wie sie denn auch in der Mec. céleste von Laplace als eine Angabe betrachtet wird, mit welcher sich, in Beziehung auf ihre Genauigkeit, nur wenig andere astronomische Resultate vergleichen lassen sollen.

Allein außer diesen Satelliten gibt es auch noch ein anderes Mittel, die Massen der Planeten, vorzüglich so großer Planeten, zu bestimmen, die Störungen nämlich, welche andere Planeten von ihnen erfahren und die natürlich desto bedeutender seyn müssen, je größer die störende Masse ist, daher man auch umgekehrt, aus den Wirkungen, die durch unmittelbare Beobachtungen gegeben werden, auf die Ursache dieser Wirkungen, d. h. auf die Massen der störenden Planeten zurückschließen kann. Bouvard unternahm es, auf den Rath seines großen Freundes Laplace, auf diesem Wege die Masse Jupiters durch die Störungen zu bestimmen, welche Saturn von ihm leidet, und er fand daraus die Masse Jupiters $^1/_{1073}$, also nur unbedeutend von der eben angeführten Bestimmung verschieden. Diese Uebereinstimmung vorzüglich war es, die zu dem Schlusse zu berechtigen schien, daß wir die Masse Jupiters mit sehr großer Schärfe kennen. Allein Jupiter bringt in den Bewegungen der vier neuen, kleinen Planeten noch viel bedeutendere Störungen hervor, als in denen Saturns. Gauß war der erste, der dieß erkannte und auch sogleich anwendete. Er fand aus seinen Berechnungen der Pallas, so wie Nicolai aus den Untersuchungen der Juno, daß die

Digitized by Google

bisher für so genau bestimmt gehaltene Masse Jupiters um ihren achtzigsten Theil vergrößert werden und daher nahe $^1/_{1047}$ seyn müsse. Später fand Enke aus der Bewegung der Vesta, so wie aus der Berechnung des nach ihm benannten Kometen, nahe dieselbe Vergrößerung.

§. 99. (Die Schwere wirkt auf alle Körper gleich.) Da man aber noch immer sich von der Idee der hohen Genauigkeit jener ersten Bestimmung der Jupitersmasse durch seine Trabanten nicht trennen wollte, und doch auf dem andern Wege, an dessen Sicherheit man auch nicht zweifeln konnte, ein ganz anderes Resultat fand, so gerieth man auf die Muthmaßung, die sich schon früher mehrmals geregt hatte, daß die Anziehung der Erde und der Planeten überhaupt nicht auf alle Körper dieselbe sey, sondern daß sich auch etwas den chemischen Verwandtschaften Aehnliches in die Sache mischen könnte. Man stellte dem gemäß die Behauptung auf, daß Jupiter aus dieser Ursache auf die vier neuen Planeten mit einer nahe um $^1/_{10}$ stärkern Anziehung wirke, als auf seine vier Monde. Diese Sache gab zu vielen gelehrten Diskussionen und weitläufigen Berechnungen Gelegenheit, die aber zu keinem bestimmten Resultate geführt haben. Man suchte sich endlich auf anderen Wegen von der Unwahrscheinlichkeit der Voraussetzung, daß dieselbe Masse auf verschiedene Materien verschieden wirken solle, zu überzeugen. Schon Newton hatte durch Pendelversuche, in welchen er verschiedene Körper, Metalle, Steine, Glas, Flüssigkeiten u. dgl. schwingen ließ, gezeigt, daß unsere Erde die verschiedenartigsten Materien alle gleich stark anziehe. Bessel in Königsberg, dem die Astronomie schon so viel verdankt, hat diese Versuche noch erweitert und mit besonderer Genauigkeit angestellt, und sie selbst auf die Meteorsteine fortgesetzt, die vielleicht von fremden Weltkörpern zu uns gelangen, und er hat überall Newtons Resultat vollkommen bestätigt gefunden. Wir haben noch mehrere andere Erscheinungen, die zu denselben Schlüssen führen. Die Parallaxe des Monds z. B. läßt sich aus den Pendelschwingungen an der Erde mit der größten Schärfe berechnen, und sie stimmt genau mit der unmittelbaren Beobachtung dieser Parallaxe überein; zum Beweise, daß die Erde den Mond genau auf dieselbe Weise, wie das Pendel, anzieht. Die Parallaxe der Sonne läßt sich aus einer Störungsgleichung des Monds durch die Erde berechnen, und auch diese harmonirt sehr gut mit derjenigen Sonnenparallaxe, die wir aus den Durchgängen der Venus in den Jahren 1761 und 1769 (S. oben II. §. 68) abgeleitet haben, zum Beweise, daß die Sonne unsere Erde ganz eben so, wie unsern Mond, anzieht. Blos also die von Bouvard berechneten Störungen des Saturn durch Jupiter scheinen mit diesem Satze, so wie mit der Massenbestimmung dieses Planeten durch seine Monde, im Widerspruche zu stehen, so lange man nämlich nicht annehmen wollte, daß Bouvards Rechnungen und daß auch die mit ihnen übereinstimmende Masse Jupiters aus seinen Satelliten irgend einer Verbesserung bedürfen könnten.

Jene Rechnungen sind bisher, so viel uns bekannt, nicht wiederholt worden, aber wohl ist dieß mit der Methode, die Masse Jupiters aus seinen Satelliten zu bestimmen, allein leider etwas spät und erst in unseren Tagen geschehen, so daß man unbegreiflicher Weise jene alten Messungen von Pound, auf die schon Newton seine Rechnung gegründet hatte, durch mehr als hundert Jahre für unverbesserlich gehalten hat, ohne sie mit den seitdem so wesentlich verbesserten Instrumenten zu wiederholen. Blos Triesnecker in Wien kam auf diesen Gegenstand einmal zurück und suchte i. J. 1794 die Halbmesser der Bahnen dieser

Digitized by Google

vier Monde mit Hilfe eines 3½ füßigen Dollond'schen Objectivmikrometers zu bestimmen. Er machte diese seine, für jenes Instrument recht guten Beobachtungen in den Wiener Ephemeriden f. d. J. 1797 bekannt, und Wurm hat auf diese Messungen eine neue Massenbestimmung Jupiters zu gründen gesucht (Mon. Corr. Band V.). Allein da Wurm sich mehrere willkührliche Aenderungen an den Beobachtungen Triesneckers erlaubte, so ist auch seine Massenbestimmung, die er gleich $^1/_{1070}$ findet, nicht als richtig anzunehmen. Behält man aber jene Beobachtungen, wie es seyn soll, unverändert bei, so folgt daraus die Masse Jupiters $^1/_{1040}$. Erst in unsern Tagen hat Prof. Airy in Cambridge diese Messungen der Halbmesser der Satellitenbahnen an seinem großen Aequatorial wieder vorgenommen und aus seinen sehr genauen und mit vieler Umsicht angestellten Beobachtungen diese Masse gleich $^1/_{1048}$ gefunden, was sehr nahe mit Triesnecker und auch nahe genug mit den Störungen der vier neuen Planeten übereinstimmt. Dadurch ist also zugleich erwiesen, daß Jupiter ganz auf dieselbe Weise auf seine Monde, wie auf die vier neuen Planeten wirkt, und eine mit größerer Sorgfalt wiederholte Berechnung der Störungen Saturns wird wahrscheinlich auch hier die gewünschte Uebereinstimmung zeigen.

§. 100. (Anblick des Himmels auf Jupiter.) Nach allem, was wir bisher über die Oberfläche dieses größten aller Planeten kennen gelernt haben, müssen wir wohl als sehr wahrscheinlich annehmen, daß es auf demselben ganz anders, als auf unserer Erde aussehen mag. Er ist mit einer Atmosphäre umgeben, die an Dichtigkeit der unserer tropfbaren Flüssigkeiten nahe kömmt, deren Wolken schon ganz solide Körper zu seyn scheinen, und in welcher immerwährend Revolutionen vor sich gehen, gegen die unsere heftigsten Stürme und Ungewitter nur als Kleinigkeiten zu betrachten seyn mögen. Ohne Zweifel wird dieser Planet auch von großen Strömen und ausgebreiteten Meeren bedeckt seyn, deren Ausdünstungen sich in seine Atmosphäre erheben und da jene dichten Wolken erzeugen. — Wegen der geringen Schiefe seiner Ekliptik sind die Jahreszeiten und die Temperaturen desselben nur sehr wenig verschieden, aber dafür dauert jede dieser vier Jahreszeiten so lange, als bei uns drei volle Jahre. Die Höhe der Sonne ändert sich für jeden gegebenen Ort, während dem Lauf eines ganzen Jahres, nur um sechs Grade, während bei uns, in einer zwölfmal kürzern Zeit, diese Aenderung schon sieben und vierzig Grade beträgt. Die Bewohner des Aequators haben die Sonne beinahe immer in ihrem Zenithe, und selbst wenn sie am tiefsten steht, ist sie nur drei Grade von ihrem Scheitel entfernt. Die beiden Pole aber haben abwechselnd durch eine Zeit, die sechs Jahren der Erde gleichkömmt, immerwährend Tag oder Nacht. Wenn diese lange Nacht aufhört, und die Sonne den Bewohnern der Pole wieder erscheint, um wieder sechs Erdenjahre für sie nicht unterzugehen, so zieht sie doch nur ganz nahe an ihrem Horizonte herum und erhebt sich auch im Mittag nicht mehr als drei Grade über denselben. Aber auch in den andern Gegenden, zwischen dem Aequator und den Polen, sind die Klimate sehr schroff abgeschnitten und der Unterschied weniger Grade der Breite muß schon eine große und constante Veränderung der Temperatur hervorbringen. — So lange übrigens die Jahreszeiten auf diesem Planeten dauern, so kurz sind im Gegentheile wieder die Tageszeiten, da dort Tag und Nacht zusammen genommen noch nicht zehn unserer Erdstunden betragen. Der Unterschied zwischen dem Tag im engern Sinne des Wortes, d. h. zwischen der Anwesenheit der Sonne über dem Horizonte und der Nacht, ist dort, etwa die nächsten Gegenden an den

Digitized by Google

Polen ausgenommen, immer nur sehr klein, und die meisten Orte haben durch das ganze Jahr Tag und Nacht nahe gleich groß und zwar gleich fünf unserer Stunden. Dieser schnelle Wechsel des Lichts mit der Finsterniß muß auf die Lebensweise der Bewohner dieses Planeten von wesentlichen Einflüssen seyn, wenn sie anders, so wie wir, den Tag ihren Beschäftigungen und Vergnügungen, und die Nacht der Ruhe und dem Schlafe widmen. Wenn sie mit ihren Arbeiten jeden Tag zu Ende kommen wollen, so müssen sie in wenigen Minuten vollenden, wozu wir ganze Stunden brauchen, und also vielleicht eine besondere Schnellkraft des Geistes und des Körpers haben. In der That, wie Wenige von uns würden zufrieden seyn, wenn ihre Nächte nur fünf Stunden dauerten, und wenn sie schon wieder aufstehen müßten, nachdem sie sich kaum zu Bette gelegt haben. Wie sehr würden selbst die Virtuosen unter unsern Gourmands in Verlegenheit kommen, wenn sie, in einem Zeitraum von fünf Stunden, schon drei oder vier Mahlzeiten zu sich nehmen müßten! Und wie sehr würden erst unsere Frauen über die kurzen Nächte und die noch kürzeren Bälle von nicht einmal fünf Stunden die bittersten Klagen führen, da sie schon zur Vorbereitung dazu mehr als doppelt so viel Zeit gebrauchen? Desto zufriedener werden im Gegentheile die Astronomen dieses Planeten seyn, wenn es anders noch daselbst auch Leute gibt, die es der Mühe werth achten, zuweilen wenigstens einen Blick auf den gestirnten Himmel zu richten. Die Sonne zwar erscheint ihnen viel kleiner, im Durchmesser über 5, und in der Fläche 27 mal kleiner, als uns, daher auch die Beleuchtung, die Jupiter von der Sonne erhält, 27 mal schwächer ist, als die unserer Erde, und sogar 180 mal geringer, als die Beleuchtung, deren sich Merkur, der nächste Planet an der Sonne, erfreut. Aber eben diese Düsterkeit ihrer Tage wird den Astronomen Gelegenheit geben, die übrigen größern Gestirne, auch ohne Fernröhre, selbst um die Zeit ihres Mittags zu sehen. Wenn sie überdieß ihre Zeitrechnungen, so wie wir, in letzter Instanz auf die Länge ihrer Tage beziehen, welche viel genauere Zeitbestimmung werden sie dann haben, da ihre Tage nur zehn unserer Stunden dauern. In diesen zehn Stunden schwingen sich alle Gestirne des Himmels mit einer Schnelligkeit um sie herum, die es ihnen ungemein leicht machen muß, den Ort derselben für jeden Augenblick mit der größten Schärfe zu bestimmen. Da die Körper in ihrem freien Falle auf der Oberfläche dieses Planeten, wie wir gesehen haben, in der ersten Secunde durch 38 Fuß fallen, oder da die Schwere auf der Oberfläche dieses Planeten bald dreimal größer ist, als auf der Erde, so würde unser Secundenpendel von drei Fuß dort in einer Secunde schon zwei Schwingungen vollenden, und ein Pendel, welches auf Jupiter seine Schwingungen in einer unserer Secunden machen soll, müßte eine Länge von acht Fuß haben. Diese schnelle Rotation um ihre Axe wird daher den Astronomen Jupiters ein Mittel geben, ihre Zeit mit der größten Schärfe zu bestimmen, und dieß ist bekanntlich eines der wichtigsten Elemente alle praktischen Astronomie. Die vielen Finsternisse, welche ihnen ihre vier Monde bereiten, und die beinahe täglich statt haben, werden ihnen nicht nur den Anblick des gestirnten Himmels verschönern, sondern die vielen künstlich in einander verschlungenen Bewegungen dieser Monde werden ihnen auch Gelegenheit geben, die vorzüglichsten Eigenschaften derselben bald und mit großer Schärfe kennen zu lernen. Um endlich die Entfernungen der Himmelskörper unter sich selbst sowohl, als auch von Jupiter zu bestimmen, müssen sie vor Allem eine recht große Basis (I. § 67) haben, um sie ihren Beobachtungen der Parallaxe zu Grunde zu le

Digitized by Google

gen. Aber welche größere Basis können sie wünschen, als die, die ihnen durch den Halbmesser ihres großen Planeten in Beziehung auf die Entfernung jener Monde von dem Mittelpunkte dieses Planeten gegeben ist. Unser Mond ist 60 Erdhalbmesser von uns entfernt, und dieß war genug, die Parallaxe dieses unseres Begleiters mit der größten Genauigkeit zu bestimmen. Die Sonne im Gegentheile steht über 20000 Erdhalbmesser von uns ab, daher wir ihre Parallaxe nur schwer mit großer Schärfe bestimmen können. Allein der nächste Satellit Jupiters ist nicht einmal sechs volle Halbmesser Jupiters von dem Mittelpunkte dieses Hauptplaneten entfernt, und seine Parallaxe kann daher mit einer Genauigkeit bestimmt werden, mit welcher sich keine unserer irdischen Beobachtungen vergleichen läßt. Selbst die Bestimmung der Sonnenparallaxe ist dort weniger Schwierigkeiten, als auf der Erde, unterworfen. Zwar ist Jupiter nahe fünfmal weiter, als die Erde, von der Sonne entfernt, aber der Halbmesser Jupiters ist dafür nahe zwölfmal größer, als der Halbmesser der Erde, daher für jenen Planeten die Sonnenparallaxe 19 Secunden beträgt, während sie bei uns nur 8 Secunden hat, also mehr als die Hälfte kleiner und eben deßwegen auch viel schwerer zu bestimmen ist.

Kapitel VII.

Saturn und sein Ring.

§. 101. (Entfernung und Umlaufszeit Saturns.) In einer über neunmal größeren Entfernung, als die der Erde, durchwandelt Saturn seine weite Bahn um die Sonne in einer Zeit von 29 1/2 Jahren. Man erkennt ihn an seinem matten, weißen Lichte ohne Strahlen, und einmal erkannt, wird er immer wieder leicht aufgefunden, da er seinen Ort unter den Sternen nur sehr langsam ändert und 2 1/2 Jahre in demselben Sternbilde verweilt. In seiner mittleren Bewegung legt er in jeder Secunde nur 1 3/10 Meilen zurück, geht also fünfmal langsamer als Merkur, und selbst noch 3 1/2mal langsamer, als die Erde. So geht er, der alte Gott der Zeit, langsam und unbemerkt, wie diese Zeit selbst, seinen Weg von mehr als hundert und neunzig Millionen Meilen um die Sonne, die ihm in der großen Entfernung, um welche er von ihr absteht, nur mehr unter einem Durchmesser von 200 Sec., also 9 1/2mal kleiner, als uns, erscheint. Die ganze Oberfläche der Sonne erscheint aber in dieser Ferne 90mal kleiner, als auf der Erde, daher auch die Beleuchtung,

Digitized by Google

die Saturn von der Sonne erhält, 90mal geringer ist, als unsere Tageshelle, so daß der schönste Mittag auf diesem Planeten nur unserer tiefen Dämmerung, unmittelbar vor dem Einbruche der Nacht, zu vergleichen ist. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt nahe 200 Millionen Meilen. Das oben (II. §. 22. — S. 269) erwähnte schnellsegelnde Schiff würde erst in 650 Jahren, und eine Kanonenkugel, die in jeder Secunde 1600 Fuß durchläuft, in 92 Jahren diese Distanz zurücklegen. Das Licht aber mit seiner unbegreiflichen Geschwindigkeit kömmt schon in 1 Stunde 18 Min. von der Sonne bis zu Saturn.

Wegen der nicht unbeträchtlichen Excentricität der Bahn dieses Planeten kann sich derselbe bis 188 Mill. Meilen der Sonne nähern, und bis 210 Mill. Meilen von ihr entfernen. Von der Erde aber ist sein Abstand zu verschiedenen Zeiten viel mehr verschieden, indem er sich ihr bis 160 Mill. Meilen nähern und wieder bis 223 Mill. Meilen von ihr entfernen kann.

§. 102. (Größe und Masse Saturns.) Der wahre Durchmesser Saturns beträgt nach den neuesten Messungen 17090 Meilen, also nicht viel weniger, als der des Jupiter, und nahe zehnmal mehr, als der der Erde. Wenn er der Erde am nächsten steht, so erscheint dieser Durchmesser unter dem Winkel von 21 Sec., in seiner größten Entfernung aber nur unter 15 Sec. An Oberfläche übertrifft er die Erde 95mal, und an körperlichem Inhalte 928mal, so daß man also aus ihm 928 der Erde gleiche Kugeln bilden könnte. Allein die Masse, aus der er besteht, ist nur der 3512te Theil der Sonnenmasse, oder nahe 95mal größer, als die Masse der Erde. Daraus folgt, daß die Dichtigkeit dieser Masse ungemein gering, nur etwa der zehnte Theil der Dichte der Erdmasse ist. Diese Masse ist überhaupt die lockerste von allen Planetenmassen, und nahe nur zweimal so dicht, als die unseres Korkholzes. Es möchte schwer seyn, zu sagen, welchen Einfluß eine solche Einrichtung auf die vegetabilische, auf die thierische und vielleicht selbst auf die intellectuelle Welt dieses Planeten haben mag. Was endlich die Kraft der Schwere betrifft, so wirkt sie auf diesem Planeten nahe eben so, wie auf der Erde; die Körper fallen nämlich daselbst in der ersten Secunde durch 14 1/2 Par. Fuß.

§. 103. (Streifen und Atmosphäre Saturns.) Auch Saturn ist mit solchen Aequatorialstreifen, wie Jupiter, versehen, sie sind sogar noch breiter, aber an Farbe weniger von der übrigen Fläche des Planeten ausgezeichnet. Ohne Zweifel gehören auch sie der Atmosphäre desselben an, obschon die Atmosphäre und die in ihr schwimmenden Wolken sehr von den irdischen verschieden seyn mögen. Schröter hat in diesen Streifen häufig bedeutende Aenderungen bemerkt, was auf große Revolutionen in der Atmosphäre Saturns schließen läßt, da sie uns in einer so große Entfernung noch sichtbar sind. Derselbe Beobachter, so wie der ältere Herschel, haben auch denjenigen Pol des Saturn, der eben von der Sonne abgewendet ist, und seinen Winterschlaf hat, beständig heller und weißer, als den anderen, gefunden, wahrscheinlich eine Folge der große Kälte, die zur Winterszeit unter diesen Polen auf einem Planeten herrschen mag, der die Sonne 90mal kleiner sieht, als wir, und dessen Winter volle 7 1/4 unserer ganzen Jahre dauert. Man will bemerkt haben, daß die Sterne, denen Saturn auf seinem Laufe begegnet, und mit seinem Körper für uns bedeckt, wenn sie ihm näher rücken, allmälig schwächer werden, bis sie endlich hinter seinem Rande gänzlich verschwinden. Dasselbe soll auch der Fall mit seinen Monden seyn, von welchen wir später sprechen werden. Man würde diese Erscheinung a

Digitized by Google

einen Beweis ansehen können, daß die Atmosphäre dieses Planeten, wenigstens in ihren unteren Schichten, sehr dicht seyn müsse.

§. 104. (Rotation Saturns.) Aus der Beobachtung einiger Flecken auf der Oberfläche Saturns hat man die Rotation desselben zu $10^{h}\frac{1}{2}$ unserer Stunden abgeleitet. Künftige genauere Beobachtungen werden dieses Resultat wohl noch verbessern, indeß ist, so wie bei Jupiter, diese schnelle Umdrehung eines so großen Planeten immer merkwürdig. Der Aequator desselben ist gegen seine Bahn unter einem Winkel von nahe 30 Graden geneigt, woraus folgt, daß die Jahreszeiten Saturns stärker verschieden und schärfer bezeichnet sind, als die der Erde, während sie, wie wir gesehen haben, auf Jupiter beinahe gar nicht verschieden sind.

§. 105. (Abplattung Saturns.) Diese schnelle Umdrehung Saturns läßt auch eine starke Abplattung an seinen Polen erwarten. Der ältere Herschel fand diese Abplattung gleich dem eilften Theile der halben Aequatorialaxe. Allein er fand auch noch eine andere Art von Erhöhung des Randes an vier einander gegenüber stehenden Stellen, nahe in der Mitte zwischen Pol und Aequator, so daß der Durchmesser Saturns in der Richtung dieser Erhöhungen gleich 1, der Durchmesser des Aequators gleich 0.97 und endlich der Polardurchmesser gleich 0.89 seyn soll. Allein Schröter, der diesen Gegenstand anhaltend untersuchte, fand die äußere Gestalt und Abplattung Saturns fortwährenden, großen Aenderungen unterworfen, vielleicht, weil diesen Planeten eine flüssige Hülle umgiebt, die einer immerwährenden Ebbe und Fluth ausgesetzt ist, oder auch, weil der Körper desselben in der That von der Gestalt einer Kugel beträchtlicher abweicht, als wir dieß bisher bei andern Planeten beobachtet haben.

Ring des Saturn.

§. 106. (Wie Saturn den früheren Astronomen erschien.) Wenn man diesen Planeten auch nur durch ein sehr schwaches Fernrohr beobachtet, so bemerkt man sogleich, daß er von der runden Gestalt der übrigen Himmelskörper abweicht und mehr eine elliptische oder eyförmige Gestalt hat. Galilei, der das damals kaum erfundene Fernrohr (ein sogenanntes holländisches, mit einer Vergrößerung von 33, und ohne Zweifel keines der bessern dieser Art) zuerst i. J. 1612 zur Erweiterung unserer Kenntniß des gestirnten Himmels anwendete, entdeckte die sonderbare Form dieses Planeten sogleich; aber, da er ihn nicht deutlich genug sehen konnte, so behauptete er, Saturn bestehe aus drei an einander befestigten Körpern, Saturnus triformis. Er hielt die zwei zu den beiden entgegengesetzten Seiten der eigentlichen Kugel stehenden Körper für Monde, die aber keine Bewegung um die Kugel haben und gleichsam an sie angeheftet seyn sollten. Er erklärte diese Meinung selbst für etwas sonderbar und verließ sie auch später wieder, als er, einige Jahre darauf, den Saturn ganz rund erblickte. Seine vermeinte Entdeckung wurde über zwanzig Jahre von den andern Astronomen verfolgt, aber keiner derselben konnte sich von der Idee eines solchen befestigten Mondenpaares los machen, wahrscheinlich, weil ihre Fernröhre alle zu unvollkommen waren, um diesen entfernten Himmelskörper in seiner wahren Gestalt zu zeigen. Noch i. J. 1633 sah Gassendi aller seiner Mühe ungeachtet doch nichts, als diese eingebildeten Monde. Hevelius, der diesen Planeten von den Jahren 1647 bis 1656 eifrig verfolgte, bemerkte wohl, daß diese zwei kleinen Seitenkugeln, diese imaginären Monde, mit der großen Kugel Sa-

Digitized by Google

turns durch Arme oder Henkel zusammen hängen und daß Saturn seine Gestalt überhaupt von Jahr zu Jahr auf eine sehr sonderbare Weise ändere, aber er konnte doch den eigentlichen Grund dieser auffallenden Veränderungen nicht entdecken. Dafür gab er in seinem Werke (De Saturni facie. Danzig 1656) eine Menge von sonderbaren Namen an, durch welche er die verschiedenen Gestalten dieses Planeten näher bezeichnen wollte. Hodierna war der Meinung, daß Saturn die Gestalt eines Eyes habe, mit zwei dunkeln Flecken an den beiden Seiten, und daß die Abwechslung seiner Gestalt von einer Umdrehung dieses Eyes um seine Are komme. Riccioli behauptete, daß Saturn mit einem dünnen Armillarringe umgeben sey, der in zweien seiner Punkte an der Kugel des Planeten befestiget seyn sollte. Mit dieser Meinung gedachte er, der auch Copernicus und Kepler verbessern wollte, die Entdeckung Huygens, die damals schon allgemein bekannt war, zu rectificiren.

§. 107. (Huygens entdeckt den Ring Saturns.) Im Jahre 1659 erschien nämlich das Systema Saturnium von Huygens, in welchem dieser vortreffliche Astronom und große Beobachter die wahre Gestalt dieses Planeten bekannt machte, so wie er sie durch das von ihm selbst verfertigte, für seine Zeit sehr gute Fernrohr i. J. 1655 gesehen hatte. Er zeigte, daß die Kugel Saturns ringsum von einem dünnen, breiten, freischwebenden Ringe umgeben ist. Sofort erschienen mehrere Widerlegungen, wie dieß bei allen wichtigen Entdeckungen, die sich auch Andere gerne zueignen möchten, zu geschehen pflegt. Außer der bereits erwähnten von Riccioli erhob sich ein gewisser Fabri, aus demselben Orden, der unter dem falschen Namen eines Eustachius de divinis die Erklärung Huygens heftig angriff, nebst mehreren Andern, die jetzt keiner weiteren Erwähnung mehr werth sind. Alle besonnenen, bessern Astronomen erkannten sofort die Wahrheit, wie sie ihnen von Huygens gezeigt wurde, und reihten sich auf seine Seite, und in unsern Tagen giebt es vollends keinen Menschen mehr, der daran zweifeln könnte, wenn er auch nur mit einem Blicke durch unsere besseren Fernröhre den Gegenstand selbst gesehen hat. Statt dieser Obtrectatoren, die übrigens ihre Rolle bald ausgespielt hatten, kam ein anderes Heer von nicht viel bessern Schauspielern, die man auch hinter jeder neuen und wichtigen Erscheinung herlaufen sieht, jene Theoretiker, wie sie sich selbst so gerne nennen, die selbst keine Entdeckungen machen, aber dafür die der Andern berichtigen und erklären; und dadurch, wie sie in ihrer Bescheidenheit wähnen, dem Ganzen erst die Krone aufsetzen, wobei sie nie vergessen, sich selbst das Hauptverdienst zu sichern. — Es entstand nämlich die Frage, woher dieser Ring komme und wie er entstanden seyn könne? Da fehlte es denn nicht an Erklärungen aller Art. Der Eine, Roberval, sonst ein sehr schätzbarer Geometer, behauptete, daß dieser Ring bloß durch die Dünste gebildet werde, die sich von der Oberfläche des Saturn erheben; der Andere hielt ihn für die eigentliche Atmosphäre dieses Planeten; ein Dritter meinte, dieser Ring sey bloß der Ueberrest einer großen Kugel, die bis auf ihren Aequator zusammengeschmolzen sey, und Maupertuis endlich, der wegen seinem Loche bis zum Mittelpunkt der Erde, und andern excentrischen Einfällen, noch jetzt bekannt genug ist, Maupertuis ließ diesen Ring Saturns aus einem Kometenschweife entstehen, der sich um die Kugel des Saturn herum geschwungen habe und an ihm hängen geblieben sey.

Die besseren Astronomen, die eigentlichen Naturforscher, bemühten sich, die von Huygens gemachte Entdeckung zu verfolgen, und in ihren einzelnen Theilen, durch ihre eigenen Beobachtungen, immer mehr zu

Digitized by Google

vervollkommnen. Schon i. J. 1715 bemerkte Cassini, daß dieser Ring eigentlich ein doppelter, mit sich und dem Saturn concentrischer Ring sey, und daß der äußere, schmälere, mit dem andern in derselben Ebene liegende Ring von ihm durch einen Zwischenraum getrennt ist, den er gleich einem dunkeln Bande auf der breiten Fläche des ganzen Ringes bemerkte. Short, Hadley und Andere, welche diese Trennung der Ringe durch ihre Beobachtungen bestätigten, bemerkten noch, daß der innere Ring heller sey, als der äußere, und daß jener wohl noch aus mehreren concentrischen Ringen bestehen mag, wie sie aus den dunkeln Kreisen schlossen, die sie auf demselben, wenigstens zuweilen, bemerken konnten. (M. s. die Fig. 86.)

§. 108. (Ausmessungen des Rings.) Die folgende Tafel enthält die Dimensionen dieser Ringe, wie sie aus Struve's neuesten Messungen folgen. Die darin angegebenen Winkel beziehen sich auf die mittlere Distanz des Saturn von der Sonne oder von der Erde, die 9.5388 Halbmesser der Erdbahn beträgt. Man erhält die in Secunden ausgedrückte Größe in geogr. Meilen, wenn man die ersten durch 950 multiplicirt. In der Fig. 48 ist a der Mittelpunkt Saturns und der beiden Ringe, am der Halbmesser Saturns und cd der Raum, der beide Ringe von einander trennt.

		In Sec.	In d. Meil.
Aeußerer Halbmesser des äußern Ringes	ae	20″.047	19045
Innerer " " " "	ad	17.644	16762
Aeußerer Halbmesser des innern Ringes	ae	17.237	16375
Innerer " " " "	ab	13.334	12667
Halbmesser Saturns	am	8.995	8545
Breite des äußern Ringes	de	2.403	2283
Breite des innern Ringes	bc	3.903	3708
Breite des Zwischenraumes	cd	0.407	387
Entfernung der innern Seite des innern Ringes von der Oberfläche Saturns	bm	4.3397	4122
Breite des Doppelringes	be	6.713	6378

Man sieht daraus die Größe dieses, den Saturn freischwebend umgebenden Ringes. Sein äußerster Durchmesser 2ae beträgt 38090 Meilen oder 22 Durchmesser der Erde, und der äußerste Umfang dieses Ringes hat 119663 Meilen. Der jüngere Herschel hat auch bei Gelegenheit der letzten Verschwindung dieses Ringes die Dicke desselben zu bestimmen gesucht und sie gleich 0.023 Secunden oder gleich 22 d. Meilen gefunden. Daraus würde folgen, daß der körperliche Inhalt oder das Volum beider Ringe zusammen 13980 Millionen Kubikmeilen oder nahe fünfmal so viel, als das Volum der Erde beträgt. Allein Schröter folgert aus seinen Beobachtungen diese Dicke des Ringes gleich 0″.125 oder 119 Meilen, wo dann das Volum der beiden Ringe das unserer Erde 27mal übertreffen würde.

Daß dieser Ring, so wie die Kugel Saturns, ein dunkler Körper ist, der sein Licht nur von der Sonne erhält, folgt schon daraus, daß man oft genug den Schatten deutlich sieht, welchen Saturn auf seinen Ring, und welchen auch der Ring auf den Körper des Saturn wirft. Auch die Farbe Saturns ist von der des Ringes verschieden. Herschel fand jenen gelblich und diesen lebhaft weißlich gefärbt. Der Raum bm zwischen der Oberfläche des Saturn und der innern Seite des innern Ringes ist ohne Zweifel ein leerer Raum, durch den man den Hintergrund des Himmels erblickt. In Smith's Optik wird erzählt, daß Clarke

Digitized by Google

in England einen Fixstern in diesem leeren Raume durchblicken sah, die einzige Beobachtung dieser Art, so viel uns bekannt ist, die aber wohl leicht mehrere finden würde, wenn man den Saturn zu dieser Absicht in sternreichen Gegenden des Himmels eifriger verfolgen wollte, als bisher geschehen seyn mag.

§. 109. (Neigung und Knoten des Ringes.) Dieser Ring hat, nach Bessels neuesten Bestimmungen, gegenwärtig eine Neigung von 28 Graden gegen die Ekliptik, und die Länge seines aufsteigenden Knotens in der Ekliptik beträgt 167 Grade. Wegen dieser Neigung erscheint der in der That kreisförmige Ring, aus der Sonne sowohl, als auch aus der Erde gesehen, immer nur in der Gestalt einer Ellipse und zwar einer veränderlichen Ellipse, deren constante große Halbaxe, in der mittlern Entfernung Saturns, gleich 20″.047, deren veränderliche kleine Halbaxe aber höchstens gleich 9″.55 seyn und öfters sogar bis auf eine ganz verschwindende Größe abnehmen kann, wo dann der Ring als eine gerade Linie erscheint, oder auch ganz unsichtbar wird. Die erwähnte Figur (Fig. 86) stellt Saturn mit seinem Ringe in der größtmöglichen scheinbaren Oeffnung des letzteren dar.

§. 110. (Ursachen der Verschwindungen des Ringes.) Dieses Verschwinden des Ringes ist für die Theorie desselben von der größten Wichtigkeit, weil sich daraus die Lage der Ebene dieses Ringes mit großer Schärfe bestimmen läßt. Wir wollen daher auch die Ursache und die näheren Umstände dieser Verschwindungen etwas genauer betrachten. — Es wurde bereits gesagt, daß die Ebene dieses Ringes gegen die Ekliptik unter dem Winkel von 28 Graden geneigt ist. Setzen wir noch hinzu, daß er diese Neigung, im Allgemeinen betrachtet, während seines ganzen Umlaufs um die Sonne beibehält, so daß er sich selbst immer parallel bleibt.

Sey S (Fig. 49) die Sonne, mn die kreisförmige Bahn der Erde, und ABCD die des Saturn. Nehmen wir an, daß die Linie ASC die Knotenlinie (I. §. 100) des Ringes in der Ekliptik sey, so daß also der aufsteigende Knoten A in der Länge von 167° und der niedersteigende C in der Länge von 347° liege. Auf diese Knotenlinie senkrecht sey der Durchmesser BD gezogen. Wenn nun Saturn in dem Punkte A ist oder wenn er, von der Sonne aus gesehen, die Länge 167° hat, so schneidet die Ebene seines Ringes die Ekliptik in der Linie ASC, oder diese Ebene geht durch die Sonne S, und kann sonach bloß in seinen schmalen Kanten, oder der Dicke nach von der Sonne beleuchtet werden. In diesem Augenblicke erscheint er also einem Auge in der Sonne nur als eine gerade Linie, oder in der Gestalt der Fig. 50. Wie aber Saturn aus diesem Punkte A weiter gegen B fortrückt, so beleuchtet auch die Sonne die südliche Seite des Ringes immer mehr und mehr, und der Ring wird daher dem Auge in der Sonne immer breiter erscheinen, bis er, wenn Saturn in B ist, am weitesten geöffnet ist und die Gestalt von Fig. 51 hat; wo der nördliche Theil des Ringes jenseits der Kugel, und der südliche diesseits steht. Wie dann Saturn weiter gegen C fortrückt, wird der Ring wieder enger, bis er in C, in dem absteigenden Knoten, wieder nur seine Kante erleuchtet hat, und als eine gerade Linie, wie Fig. 52, erscheint. Von C gegen D wird die Sonne immer mehr auf der nördlichen Seite des Ringes vorrücken, und dieser daher immer breiter erscheinen, bis er in D am breitesten ist, und die Gestalt Fig. 53 hat, wo der nördliche Theil des Ringes diesseits der Kugel und der südliche jenseits liegt.

Von der Sonne gesehen, erscheint also Saturn während jeder seiner

Digitized by Google

Revolutionen um die Sonne, d. h., während $29^1/_2$ Jahren zweimal ohne Ring, wenn Saturn die heliocentrische Länge 167° oder 347° hat, und zweimal am weitesten geöffnet, wenn er die heliocentrischen Längen von 257° und 77° hat. Die Intervalle zwischen diesen Erscheinungen betragen daher $7^2/_3$ Jahre, an deren Anfang und Ende der Ring immer am kleinsten und am größten erscheint.

Wenn daher Saturn in einem der beiden Knoten seines Ringes ist, so wird von diesem Ringe nur die schmale Kante durch die Sonne beleuchtet, und der ganze Ring wird dann nicht bloß für das Auge in der Sonne, sondern auch für uns, für die Erde, verschwinden, wenn anders unsere Fernröhre nicht stark genug sind, den schmalen Lichtstreifen, welchen diese Kante bildet, noch sichtbar zu machen, wo uns dann der Ring als eine feine gerade Linie erscheinen wird, wie ihn Herschel mit seinen großen Teleskopen in der That öfter zu dieser Zeit gesehen hat.

Allein dieser Ring kann außerdem für die Erde noch aus ganz anderen Ursachen verschwinden. Wenn nämlich *erstens* die Ebene des Ringes durch die Erde geht, so sehen wir keine seiner beiden breiten Seiten, von welchen im Allgemeinen immer eine von der Sonne beleuchtet ist. Wir sehen dann bloß die Kante, die dunkle Kante des Ringes, d. h. wir sehen ihn gar nicht. Dieß ist z. B. der Fall, wenn die Erde (Fig. 49) in m und Saturn in a oder c ist, wo dann die Ebene des Ringes die Ekliptik in der Linie amc schneidet und durch das Auge des Beobachters in m geht. Wenn aber auch dieß nicht der Fall ist, sondern wenn nur *zweitens* die erweiterte Ebene des Ringes zwischen Erde und Sonne hindurchgeht, so kann der Ring auch schon für uns unsichtbar werden. Wenn z. B. die Erde in n und Saturn zwischen A und a' ist, so liegt die Ebene des Ringes zwischen n und S, und da hier die *dunkle* Seite desselben zur Erde n gekehrt ist, so können wir ihn nicht mehr sehen. Dasselbe kann sich ereignen, wenn überhaupt die Erde irgendwo in der Hälfte pno ihrer Bahn ist, während Saturn zwischen den Punkten A und a' sich aufhält, und eben so, wenn die Erde in der andern Hälfte pmo ihrer Bahn, und Saturn zwischen dem Punkte A und a oder zwischen C und c ist.

Man bemerkt übrigens von selbst, daß diese beiden Arten von Verschwindungen des Ringes immer kurz vor oder nach der Epoche Statt haben müssen, wo die Ebene desselben durch die Sonne geht und daher nur der scharfe Rand des Ringes von ihr beleuchtet wird. Denn da die Erdbahn gegen die des Saturn nur klein ist, so fällt die Ebene des Ringes durch 14 Jahre ganz *außer* die Erdbahn, so daß also dann die Erde immer der von der Sonne beleuchteten Seite des Ringes zugekehrt ist, und nur am Ende dieser Periode hat die Ringebene, etwa ein Jahr durch, eine solche Lage, daß sie, verlängert, die Erdbahn schneiden kann. Diese beiden Fälle, wo die Ebene des Ringes entweder durch die Sonne oder durch die Erde geht, geben offenbar nur ein momentanes Verschwinden desselben, während der dritte Fall, wo die Ebene des Ringes zwischen Sonne und Erde liegt, den Ring mehrere Wochen durch für die Erde unsichtbar machen kann.

§. 111. (Verschiedene Gestalten des Ringes, wie er von der Erde gesehen wird.) Wenn man die halbe große Axe des elliptischen Ringes gleich der Einheit annimmt, so gibt die folgende Tafel den Werth der halben kleinen Axe für jeden heliocentrischen oder geocentrischen (I. §. 114) Abstand des Saturn von dem auf- oder absteigenden Knoten des Ringes in Länge.

Digitized by Google

Abstand.	Kleine Halbaxe.	Abstand.	Kleine Halbaxe.
0°	0.00	48°	0.35
6	0.05	54	0.38
12	0.10	60	0.41
18	0.15	66	0.43
24	0.19	72	0.45
30	0.24	78	0.45
36	0.28	84	0.47
42	0.32	90	0.47

Von 0° bis 90° Abstand vor dem aufsteigenden und nach dem niedersteigenden Knoten liegt die zur Erde gekehrte Hälfte des Ringes über, und von 0° bis 90° nach dem aufsteigenden und vor dem niedersteigenden Knoten liegt diese Hälfte des Ringes unter dem Mittelpunkte der Kugel des Saturn. Ueberhaupt zeigt sich Saturn ohne Ring, wenn er in dem östlichen Theile des Sternbildes des Löwen und in dem östlichen Theile des Wassermanns steht, während man den Ring in seiner größten Oeffnung bei den Sternen in den Hörnern des Stiers oder zwischen dem Scorpion und dem Schützen sieht *).

*) Da der Zweck dieser Schrift alle sogenannten mathematischen Formeln ausschließt, so mußte manche gute Gelegenheit, den Vortrag so kurz und zugleich so allgemein als möglich, einzurichten, unbenutzt gelassen werden. Es mag uns daher wenigstens einmal erlaubt seyn, die großen Vortheile dieser analytischen Sprache durch ein bieher gehörendes Beispiel zu zeigen. — Alles, was sich über die Gestalt des Saturnringes, wie er von der Sonne oder auch von der Erde gesehen wird, sagen läßt, ist in dem folgenden kurzen Ausdrucke enthalten:

$$b = \text{Sin. } n \text{ Sin. } m.$$

In demselben bezeichnet b die scheinbare kleine Halbaxe der Ellipse des Ringes, wenn die große gleich der Einheit angenommen wird; $n = 28° 22'$ ist die Neigung der Ringebene gegen die Ekliptik, und m ist gleich der Länge des Knotens 166° 50′ weniger der heliocentrischen Länge Saturns, wenn man die von der Sonne gesehene Gestalt der Ellipse sucht — oder gleich 166° 50′ weniger der geocentrischen Länge Saturns, wenn man die von der Erde gesehene Gestalt der Ellipse kennen lernen will. Ist im ersten Falle $b = o$, so verschwindet der Ring, oder er erscheint nur als eine gerade Linie, weil seine erweiterte Ebene durch die Sonne geht. Ist aber b negativ, also m größer als 180°, so wird die Nordseite des Ringes von der Sonne beleuchtet und umgekehrt. — Ist im zweiten Falle $b = o$, so verschwindet der Ring für uns, weil die erweiterte Ebene desselben durch die Erde geht. Ist aber b negativ, so bedeutet dieß, daß die Nordseite des Ringes gegen die Erde gekehrt ist. Endlich ist für die verschiedenen Werthe von m der Ring für die Erde auch dann noch unsichtbar, wenn der Werth von b im ersten Falle ein anderes Zeichen hat, als im zweiten, weil dann die von der Sonne beleuchtete Seite des Ringes von der Erde weggewendet

Digitized by Google

§. 112. (Berge und Atmosphäre des Ringes.) Zu der Zeit, wo bloß die scharfe Kante des Ringes von der Sonne beschienen wird, sah Schröter die feine Lichtlinie desselben häufig unterbrochen, als wenn sie aus mehreren geraden Linien bestünde, die sich abwechselnd trennen und wieder vereinigen. Er schrieb dieß einer Atmosphäre des Ringes und den darin vorgehenden Veränderungen zu. Herschel sah zu der Zeit, als nur noch ein sehr kleiner Theil der Kugel über den Ring hervorragte (wie in Fig. 51 und 53), diesen Theil viel spitziger als sonst, da er doch, wegen der Abplattung Saturns an seinen Polen, stumpfer aussehen sollte, was ebenfalls einer Atmosphäre des Ringes zugeschrieben wurde, wofür auch noch die Erscheinung spricht, daß zu der Zeit, wo die Erde noch auf der dunklen Seite des Ringes steht, doch die Kante desselben auch schon schwach beleuchtet gesehen wird.

Wenn der Ring nur als eine feine, gerade Lichtlinie erscheint, bemerkt man auf derselben mehrere helle Punkte, die man für Gebirge des Ringes hält. Schröter schätzt die Höhe einiger dieser Berge bis zu der enormen Größe von 200 Meilen über die Ebene des Ringes. So gewaltige Berge könnten schon als zusammenhängende Satelliten des Saturn angesehen werden, die durch ihre Vereinigung jenen Ring gebildet haben.

§. 113. (Ueber die Rotation des Ringes.) Dieselben Berge forderten gleichsam die beiden Beobachter, Herschel und Schröter, die mit den besten Fernröhren in Europa versehen waren, auf, durch sie die Rotation dieses Ringes um seinen Mittelpunkt, der zugleich der Mittelpunkt Saturns ist, zu bestimmen. Allein es ist auffallend und konnte auch lange nicht erklärt werden, daß diese beiden trefflichen Astronomen so ganz widersprechende Resultate aus ihren Beobachtungen abgeleitet haben. — Herschel fand aus der Ortsveränderung dieser lichten Punkte oder dieser Berge, im Jahre 1789, daß der Ring sich in $10^h/_2$ unserer Stunden, also in derselben Zeit, wie Saturn, um seine Axe drehe. Schröter aber behauptete, daß diese lichten Punkte ihre Stellung gegen den Mittelpunkt Saturns gar nicht ändern, und daß daher der Ring nicht rotiren könne. Er sah nämlich auf der westlichen Ansa einen, und auf der östlichen zwei ausgezeichnete Punkte immer in derselben unverrückten Lage, und um keinen Zweifel übrig zu lassen, beobachtete er diese lichten Punkte eine ganze Winternacht, durch mehr als acht Stunden, immer in derselben Stellung gegen den Planeten, da doch die Ringe während dieser Zeit, nach Herschel, beinahe eine ganze Rotation gemacht haben müßten. Diese ausgezeichneten Punkte, die er als die oben erwähnten ungemein hohen Berge zu erkennen glaubte, waren auf der später sichtbar gewordenen südlichen Seite des Ringes gerade auf demselben Orte, wie früher auf der Nordseite, wieder zu sehen, und er schloß daraus, daß auf dem Ringe Saturns diese hohen Berge, wie zwei an ihrer Basis vereinigte Kegel, einander gegenüberstehen.

---

ist. Man sieht sonach, daß man durch jene einfache Gleichung die von der Sonne oder auch von der Erde gesehene Gestalt des Ringes für jede Zeit angeben kann, für welche man nur die heliocentrische oder geocentrische Länge des Saturns kennt, die man nach dem Vorhergehenden (I. §. 119) leicht finden kann. Die obige Tafel ist nach dieser Gleichung berechnet worden. Dabei hat man auf die Breite Saturns keine Rücksicht genommen, da diese immer sehr klein ist und die Resultate jener Tafel nicht beträchtlich ändern kann.

Digitized by Google

So viel aber auch diese Beobachtungen für sich zu haben schienen, und so groß das Vertrauen war, das man mit Recht in die seltene Geschicklichkeit und die trefflichen Mittel, die dem Lilienthaler Beobachter zu Gebote standen, setzte, so konnten die Astronomen ein solches Resultat doch nicht wohl annehmen. — Nach theoretischen Gründen muß der Ring um seinen Planeten rotiren, weil sonst, bei der kleinsten Veränderung desselben, die Schwerpunkte der Ringe und des Planeten nicht mehr zusammenfallen und der Ring unausbleiblich auf den Planeten stürzen würde. Der einfache Zusammenhang der Elemente, aus welchen diese Ringe bestehen, würde die Erhaltung desselben nicht sichern, weil dann die dem Planeten nähern Elemente, durch die immer wiederholte Anziehung des letztern, sich am Ende von den Ringen getrennt haben würden. Diese Ringe müssen sich also ohne eine fremde Kraft, bloß nach dem Gesetze des Gleichgewichts, frei schwebend erhalten. Aber dieß kann nur geschehen, wenn sie um eine Axe rotiren, die auf ihrer Ebene senkrecht steht und durch den Mittelpunkt Saturns geht, so daß auf diese Weise ihre Schwere gegen den Planeten durch die Centrifugalkraft ihrer Umdrehung aufgehoben oder im Gleichgewichte erhalten wird. Die Theorie zeigt, daß eine durch diese Rotationsaxe auf die Fläche des Ringes senkrechte Ebene diesen Ring in einer Ellipse schneiden muß, deren große Axe verlängert durch den Mittelpunkt des Planeten geht, und daß dann die Dauer der Rotation des Ringes sehr nahe dieselbe mit der Revolution eines Satelliten seyn wird, der sich in der Entfernung des Mittelpunkts jener Ellipse um Saturn bewegt. Diese Revolution ist aber gleich $10^2/_5$ Stunden, und nahe so groß hat auch Herschel, durch seine Beobachtungen, die Rotation des Ringes gefunden. Die erwähnte Ellipse kann selbst für verschiedene Theile des Ringes veränderlich, also der Ring selbst von ungleicher Dicke seyn, und die Beobachtung der Verschwindungen des Ringes scheint diese Ungleichheiten deutlich anzuzeigen. Ja diese Ungleichheiten sind vielleicht selbst nothwendig, das Gleichgewicht des Ringes zu sichern, denn wenn er in allen seinen Theilen völlig symmetrisch gebaut wäre, so könnte schon die geringste äußere Kraft, wie z. B. die eines Satelliten, hinreichen, ihn zu verrücken und ihn auf den Planeten zu stürzen. Demnach kann man diesen Ring als eine kreisförmige Reihe von aneinander hängenden Satelliten von ungleicher Größe, als eine Krone von Monden ansehen, die durch die Wirkung der Sonne und durch die Störungen der sieben Monde, welche den Saturn umgeben, kleineren oder größeren Oscillationen unterworfen ist, die aber doch im Allgemeinen immer dieselbe mittlere Lage seiner Ebene beibehält.

§. 114. (Erklärung dieser Widersprüche.) Da sonach, der Theorie und den Beobachtungen Herschels zufolge, der Ring in der That um seinen Planeten rotirt, so mußte die Beobachtung Schröters, oder doch die von ihm daraus gezogene Folgerung, fehlerhaft seyn. Olbers war der erste, der uns zeigte, daß die Erscheinung, die Schröter in Lilienthal so oft gesehen hatte, ihren Grund nicht in den vermeinten Bergen des Ringes, sondern in der Erleuchtung derselben durch die Sonne habe.

Seyen fh, gk .. (Fig. 48) die Gesichtslinien, unter welchen man von der Erde aus die Fläche der Ringe sieht. Offenbar werden dann diejenigen Gesichtslinien unter allen die hellsten scheinen, von welchen der größte Theil in der That durch die beiden Ringflächen geht, weil diese allein, nicht aber die zwischen ihnen und der Kugel enthaltenen leeren Räume das Licht zurückwerfen. Betrachten wir mehrere dieser mit fh parallelen Linien, so wird zuerst die, zunächst an dem Rande der

Digitized by Google

Kugel, durch n gehende Linie die beiden Ringflächen in vier Theile schneiden, deren Summe aber offenbar immer größer werden wird, je weiter die Gesichtslinie von n nach fh rückt und in fh selbst wird diese Summe am größten seyn, also auch hier der Ring am hellsten erscheinen. Von fh weiter gegen gk wird diese Summe abnehmen, und nahe bei gk am kleinsten seyn. Von da wird sie wieder wachsen und in gk selbst neuerdings einen größten Werth erhalten, wo also der Ring neuerdings am hellsten, aber nicht ganz so hell wie in fh, erscheinen wird, weil die Summe der beleuchteten Theile der Gesichtslinie in gk offenbar kleiner, als in fh ist. Je weiter denn diese Gesichtslinien von gk gegen o noch wegrücken, desto kleiner wird dieser beleuchtete Theil derselben, bis er endlich an dem äußersten Rande o des Ringes gänzlich verschwindet.

Es werden sich daher, die Ringe mögen rotiren oder nicht, und sie mögen in der Gestalt der breitesten Ellipse oder auch in der einer geraden Linie erscheinen, immer zwei Lichtknoten auf jeder Seite der Kugel zeigen, von welchen der hellere in der Richtung von fh und der minder helle in der von gk seyn wird, und in diesen Stellen hat auch Schröter in der That seine vermeinten Berge beobachtet, während Herschel, mit seinen noch bessern Fernröhren, andere, wahre Erhöhungen auf der Oberfläche des Ringes aufgefunden und dadurch die Rotation derselben der Wahrheit gemäß bestimmt hat.

§. 115. (Anblick des Ringes vom Saturn aus gesehen.) Die Freunde des gestirnten Himmels, wie er uns von der Erde schon so schön erscheint, werden ihn ohne Zweifel für die Bewohner Saturns noch viel schöner denken. Wenn der sanfte Schimmer des Mondes, der unsere Nächte so lieblich beleuchtet, den Beschauer schon zu erhabenen Betrachtungen bewegt, welche Genüsse wird er dort erwarten, wo der Sternenhimmel nicht minder reich an Schönheiten aller Art ist, wo noch überdieß sieben Monde das Dunkel der Nacht erhellen, und wo ein großer Ring, der sich gleich einem Strahlenbande um den ganzen Himmel schwingt, in immer abwechselnden Stellungen die Aufmerksamkeit des staunenden Beobachters an sich ziehen muß.

> One Moon to us reflects its cheerful light
> There seven attendants brighten up the night.
> Here the blue firmament bedecked with stars;
> There over head a lucid arch appears.
>
> Barker.

Aber ich besorge sehr, daß unsere Dichter, wenn sie auf diesen Planeten versetzt werden sollten, sich sehr bald wieder zu uns zurückwünschen würden. So sehr sie auch ihre kleine nächtliche Lampe lieben mögen, — die nicht viel kleinere Sonne, wie sie dort erscheint, und die matte Beleuchtung derselben, die den hellsten Mittag Saturns nur unserer tiefsten Dämmerung gleich macht, würden ihnen wohl wenig behagen. Der äußerst schnelle Wechsel des Tages mit der Nacht, der Unterschied dieser beiden Zeiten, der dort viel größer ist, als bei uns, und endlich die vier streng von einander gesonderten Jahreszeiten, deren jede $7^1/_2$ unserer Jahre, also dreißigmal länger, als bei uns, dauert, alle diese Verhältnisse würden, wenigstens auf unsere vegetabile und animalische Welt ohne Zweifel einen sehr ungünstigen Einfluß äußern, besonders wenn wir die von dem Aequator Saturns entfernten Gegenden bewohnen müßten, da bei weitem der größte Theil einer jeden Hemisphäre dieses Planeten, zur Zeit seines Winters, durch volle vierzehn unserer Jahre in der Finsterniß der Nacht begraben bleibt.

Digitized by Google

Da die Ebene dieses Ringes mit der des Aequators des Planeten zusammenfällt, so geht er für die Bewohner dieses Aequators, für die heiße Zone, wenn sie dort anders noch diesen Namen verdient, ganz verloren, denn er schwebt für diese Bewohner immer in ihrem Scheitel, und sie sehen ihn nie der breiten Fläche, sondern bloß der Kante nach, der *inneren* Kante, die von der Sonne nie beleuchtet wird. Für sie zieht er sich also nur als eine dunkle Zone von etwa einem Grad Breite über den ganzen Himmel, und weit entfernt, ihnen zu leuchten, verdeckt er vielmehr alle Fixsterne, vor denen er sich aufstellt, und selbst jene sieben Monde Saturns, die sich, wie wir weiter unten sehen werden, in der Ebene dieses Ringes bewegen, sind für die Tropenländer Saturns von dem Ringe bedeckt und daher für sie ganz unsichtbar.

Wenn aber so die Bewohner des Aequators keine Ursache haben, sich dieses Ringes zu erfreuen, so sind die den Polen näheren Bewohner Saturns noch viel weniger in einem Zustande, der sie für uns beneidenswerth machen könnte. Die Einwohner der kalten Zonen, die von den beiden Polen bis zu 24 Graden abwärts wohnen, und die diesen Ring, ihrer fünfzehnjährigen Nächte wegen, noch am besten brauchen könnten, sehen ihn gar nicht. Denn für sie ist der Ring nicht mehr da, weil er dem Planeten zu nahe steht und daher immer *unter* dem Horizonte jener Polarländer sich aufhalten muß. — Erst diejenigen, die wenigstens 35 Grade von jedem der beiden Pole entfernt sind, erblicken den Ring in seiner ganzen Breite von nahe zwölf Graden, aber auch sie werden wenig Nutzen davon ziehen können, da sie ihn nur ganz nahe an ihrer Erde, oder da sie ihn nur an ihrem Horizonte sehen. Die noch näher an dem Aequator Wohnenden sehen ihn wohl höher, da er sich für sie immer mehr über dem Horizont erhebt, aber sie sehen ihn auch zugleich immer schmäler, bis endlich die Bewohner des Aequators selbst, wie bereits gesagt, nur mehr seine schmale, innere, von der Sonne nie beleuchtete Kante, d. h. bis diese ihn wieder gar nicht mehr sehen können.

Also nur diejenigen Bewohner Saturns, welche von dem Aequator, zu beiden Seiten desselben, bis 55 Grade entfernt sind, genießen den Anblick des Ringes: für sie steht er, wie eine lichte Zone, wie ein Feuerbogen, am Himmel, und zwar für die dem Aequator näheren Länder hoch und schmal, für die entfernteren aber immer breiter, aber auch zugleich tiefer an dem Horizonte. Diese letzten allein könnte man also noch für die Begünstigten halten; allein auch diese Gunst ist nicht so groß, wie sie vielleicht auf den ersten Blick erscheinen mag. Von den zwei breiten Flächen des Ringes ist immer nur *eine* beleuchtet, und diese beleuchtete Seite kann nur von derjenigen Hemisphäre des Planeten gesehen werden, welche eben gegen sie gewendet ist. Allein eben diese Hemisphäre ist auch zugleich die gegen die Sonne gewendete, die eben ihren Sommer feiernde Hälfte Saturns; diese könnte aber, da sie ohnehin im Sonnenlichte schwimmt, diese Beleuchtung des Ringes noch am besten entrathen, während die andere, winterliche Hälfte, die jene Beleuchtung ihrer langen Nächte wegen am meisten brauchte, sie gänzlich entbehren muß. Dazu kommt noch, daß diese vordere, der Sonne zugewendete Hälfte Saturns, den beleuchteten Ring nur während ihres Tages sieht, wo ihr ohnehin die Sonne scheint, während bei Nacht, wo eigentlich die beleuchtete Seite des Ringes den Mangel des Sonnenlichtes ersetzen sollte, Saturn seinen eigenen Schatten auf den Ring wirft und ihn, in einer Art von Mondesfinsterniß wieder unsichtbar macht, während die ganze andere Hälfte Saturns, die eben Winter und ihre lange Nacht hat, gegen die unbeleuchtete Seite des Ringes gewendet ist, und

Digitized by Google

diesen daher gar nicht sieht, vielmehr es sich noch gefallen lassen muß, daß ihr durch ihn die Sterne und selbst die Sonne, wo sie ohne Ring noch sichtbar seyn könnte, verdeckt, und daß so ganze Jahre dauernde und über große Zonen sich erstreckende Sonnenfinsternisse erzeugt werden.

Aber wenn nun die Bewohner Saturns sich an diesem Ringe, nach unseren Ansichten, nicht sehr ergötzen können, so werden vielleicht die Einwohner des Ringes selbst, wenn es deren gibt, einen desto angenehmeren Aufenthalt haben? — Unsere Leser werden dieß leicht selbst beurtheilen können, wenn sie sich aus dem Vorhergehenden erinnern, daß jede der beiden breiten Seiten dieses Ringes abwechselnd durch fünfzehn unserer Jahre immerwährend Tag und eben so lange Nacht haben.

So unwirthlich aber auch dieser Planet sowohl, als auch sein Ring, für Geschöpfe unserer Art scheint, so unangemessen mag es doch seyn, von dem, was uns schicklich oder unschicklich ist, sofort denselben Schluß auch auf andere Himmelskörper und auf andere Geschöpfe anzuwenden, deren Einrichtung und Organisation durchaus von der unseren verschieden seyn kann, so daß, was uns nur Abscheu und Entsetzen, und vielleicht selbst einen schnellen Untergang verursachen würde, für jene ein erhabenes und selbst wohlthätiges Schauspiel seyn mag, durch welches ihnen die Güte und die Allmacht des Schöpfers auf ihre Weise nicht minder geoffenbart wird, als es mit den Bewohnern der Erde durch diejenigen, unserer individuellen Organisation angemessenen Erscheinungen des Himmels geschieht, in welchen wir die Größe und die Wohlthätigkeit des Urhebers der Natur so oft zu bewundern Gelegenheit haben.

Kapitel VIII.

Uranus.

§. 116. (Entfernung und Umlaufszeit des Uranus.) In einer Entfernung von der Sonne, die beinahe doppelt so groß ist, als die des Saturn, wandelt Uranus, der äußerste bekannte Planet unseres Sonnensystems, seine große, einsame Bahn

> — He walks his frontier round
> The boundary of worlds.
>
> Mallet.

Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 400 Millionen Meilen. Ein schnell segelndes Schiff, das in jeder Stunde 4 Meilen zurücklegt, würde diese Distanz erst in 11400 Jahren und der Schall, der in jeder Stunde 163 Meilen macht, in 280 Jahren erreichen, während das Licht mit seiner ungeheuern Geschwindigkeit nur 2 St. 39 M. braucht, um von der Sonne zu Uranus zu gelangen.

Digitized by Google

Da seine Bahn, deren Umfang 2425 Millionen Meilen beträgt, nahe kreisförmig ist, so kann er sich der Sonne im Perihelium nur auf 382 Millionen Meilen nähern und im Aphelium 419 Mill. Meilen von ihr entfernen. Von der Erde steht er zur Zeit der Opposition 348 und in der Conjunktion 424 Mill. Meilen ab, wo er dort unter dem scheinbaren Durchmesser von $4^{3}/_{10}$ und hier unter dem Winkel von $3^{1}/_{2}$ Secunden nahe als ein Stern der sechsten Größe erscheint, daher man ihn auch mit einem guten, unbewaffneten Auge noch erkennen kann. Sein wahrer Durchmesser beträgt nahe 7500 Meilen.

§. 117. (Entdeckung und frühere Beobachtungen dieses Planeten.) Dieser Planet wurde am 13ten März 1781 von Herschel zu Bath bei London mit einem von ihm selbst verfertigten siebenfüßigen Teleskope entdeckt und an seiner bemerkbaren Scheibe (die Fixsterne erscheinen nur als untheilbare Punkte) und seiner Bewegung unter den Sternen, sofort als ein Planet erkannt. Da er sich so langsam bewegt, daß er seinen Umlauf um die Sonne erst in 30687 Tagen oder in nahe 84 Jahren vollendet, so würde es lange gedauert haben, bis er einen so beträchtlichen Theil seiner Bahn zurückgelegt hätte, um daraus die Elemente derselben mit Sicherheit abzuleiten. Allein Bode hatte bald darauf in den Sternverzeichnissen Flamstead's und T. Mayer's gefunden, daß diese beiden Astronomen den neuen Planeten bereits früher, jener i. J. 1690 und dieser 1756, beobachtet hatten, daß sie ihn aber nur für einen der vielen Fixsterne hielten, da sie auf seine Bewegung nicht aufmerksam genug waren. Bald darauf wurden noch mehrere andere, ältere Beobachtungen desselben aufgefunden, und dadurch wurde man in die Lage gesetzt, die Elemente dieses Planeten schon mit einer großen Genauigkeit zu einer Zeit zu bestimmen, wo er seit seiner Entdeckung kaum den dritten Theil seiner Bahn durchlaufen hatte.

§. 118. (Größe und Masse des Uranus.) Aus dem bereits erwähnten Durchmesser dieses Planeten von 7500 Meilen folgt, daß seine Oberfläche die der Erde nahe 18mal und sein Volum das der Erde 76mal übertrifft. Die Masse desselben ist 17mal größer, als die Erdmasse, aber die Dichtigkeit derselben ist nur der fünfte Theil der Dichte der Erdmasse, also nahe so groß, wie die Dichte unseres Wassers. Der Weg, welchen die Körper auf seiner Oberfläche in der ersten Secunde ihres Falles zurücklegen, beträgt $14^{1}/_{2}$ Fuß, also nur einen halben Fuß weniger, als auf der Erde. Er selbst aber legt, auf seinem Wege um die Sonne, in jeder Secunde nahe eine deutsche Meile zurück, so daß die Geschwindigkeit dieses langsamsten aller Planeten nahe viermal kleiner ist, als die der Erde. Die Sonne erscheint auf diesem Planeten nur mehr unter einem Durchmesser von 100 Secunden, nicht ganz noch einmal so groß, als uns die Venus, oder 19mal kleiner, als die Sonne uns erscheint, und in der Oberfläche 360mal kleiner, daher auch im Allgemeinen die Beleuchtung, welche Uranus von der Sonne erhält, 360mal kleiner, als die Beleuchtung der Erde seyn wird, so daß also seine hellsten Mittage kaum unserer sternhellen Mitternacht gleichen mögen.

Da dieser Planet so ungemein weit von uns entfernt ist, so wissen wir von seiner Oberfläche wenig mehr, als daß sie uns wie eine kleine, runde, matt aber durchaus gleichförmig beleuchtete Scheibe erscheint. Streifen und Flecken können wir auf dieser Fläche nicht mehr erkennen, also auch die Rotation dieses Planeten nicht bestimmen. Doch kann sie ihm nicht wohl mangeln, ja seine Umdrehung scheint sogar sehr schnell zu seyn, da der ältere Herschel mit seinen starken Teleskopen eine bedeutende

Digitized by Google

Abplattung an zwei einander gegenüberstehenden Punkten seines Umfangs bemerkt hat.

§. 119. (Satelliten des Uranus.) Derselbe vortreffliche Beobachter hat auch sechs Monde entdeckt, die sich um diesen Planeten bewegen. Allein sie sind bisher nur von Herschel selbst gesehen worden, da die Fernröhre aller andern Astronomen zu schwach sind, diese matten Lichtpünktchen erkennen zu lassen. Selbst der jüngere Herschel hat, mit den Teleskopen seines Vaters, nur zwei dieser sechs Satelliten des Uranus wieder zu seinem Gesichte bringen können. Ueberhaupt gehören diese Monde und die zwei innersten des Saturn zu den lichtschwächsten und am schwersten zu sehenden Gegenständen des Himmels, und es wird vielleicht noch lange dauern, bis wir sie mit unseren dioptrischen Fernröhren ohne Anstand sehen werden, da diese in Beziehung auf die Oeffnung ihrer Objective, und also auch auf die Lichtstärke der durch sie gesehenen Gegenstände doch noch immer zu sehr hinter den großen Spiegeln der katoptrischen Fernröhre, wie sie Herschel vorzugsweise gebraucht hat, zurück stehen. Demungeachtet scheinen diese Uranusmonde eine beträchtliche Größe zu haben, weil sie sonst auch nicht einmal Herschel hätte sehen können. Unser Mond, in jene Entfernung versetzt, würde uns nur mehr unter einem Durchmesser von $^1/_4$ Secunde erscheinen, und da sein Licht 360mal schwächer seyn würde, so würden wir, auch mit unsern besten Fernröhren, wohl keine Spur mehr von ihm entdecken können.

§. 120. (Tages- und Jahres-Zeiten des Uranus.) Es ist bereits oben (I. §. 181) bemerkt worden, daß die Bahnen dieser sechs Monde auf der Uranusbahn, die sehr nahe mit unserer Ekliptik zusammen fällt, beinahe senkrecht stehen. Da wir nun bisher bei allen Planeten die Satelliten derselben sich in der Ebene des Aequators ihres Planeten bewegen sehen, und da dieß auch mit der Theorie der Entstehung dieser Satelliten übereinstimmt, so werden wir mit großer Wahrscheinlichkeit auch annehmen können, daß der Aequator des Uranus nahe senkrecht auf seiner Bahn steht, oder daß die Schiefe der Ekliptik bei diesem Planeten nahe 90 Grade beträgt. Wir haben aber bereits oben (I. §. 91) gezeigt, welche Folgen eine solche Einrichtung auf die Klimate und Jahreszeiten eines Planeten nach sich ziehen muß. Der Unterschied der Klimate wird nämlich auf Uranus beinahe ganz aufgehoben seyn, das heißt, es wird in Beziehung auf den Stand der Sonne in verschiedenen Theilen des Jahres einerlei seyn, ob das Land nahe bei dem Aequator oder nahe bei den Polen liegt, da jeder Punkt der Oberfläche dieses Planeten, selbst die beiden Pole nicht ausgenommen, im Laufe des Jahres die Sonne zweimal in seinem Zenithe sieht. Im Anfange des Frühlings und des Herbstes steht nämlich die Sonne in dem Scheitel derjenigen, die den Aequator bewohnen, während sie den beiden Polen nur in ihrem Horizonte erscheint, und während überall, auf der ganzen Oberfläche des Uranus, Tag und Nacht einander gleich ist. Allein nur kurze Zeit nach dieser Epoche werden selbst diejenigen, die in der Nähe des Aequators wohnen, schon einen bedeutenden Unterschied in der Länge ihrer Tage und Nächte bemerken, und im Anfange des Sommers oder des Winters wird der nördliche oder der südliche Pol die Sonne in seinem Zenithe sehen, und die diesen Polen zunächst liegenden Länder werden 42 unserer Jahre immerwährend Tag, und eben so lange wieder Nacht haben. Durch diese Einrichtung wird also auch der Unterschied der vier Jahreszeiten der größtmögliche seyn, oder mit andern Worten: so wenig es, in Beziehung auf Temperatur, Beleuchtung, auf Vegetation u. s. darauf ankommen wird, ob man nahe bei dem Aequator oder nahe bei

Digitized by Google

dem Pole wohnt, so viel wird darauf ankommen, ob der Süd- oder Nordländer auf jenem Planeten eben Frühling oder Sommer u. s. w. hat, da dort die Jahreszeiten, wegen der großen Schiefe der Ekliptik, viel mehr von einander verschieden und viel schroffer von einander abgesondert seyn müssen, als bei uns.

§. 121. (Bewohner des Uranus und der Planeten überhaupt.) Welcher Art die Bewohner eines Planeten seyn mögen, die ihre Sonne 360mal kleiner sehen, als wir; die selbst im Mittage noch, mit unsern Augen betrachtet, im Finstern tappen; sich die grellsten Abwechslungen der Jahreszeiten und vor Allem eine Kälte gefallen lassen müssen, die, auf unserer Erde, allem Leben ein plötzliches Ende bereiten würde, — dieß mögen unsere Leser selbst untersuchen, wo sie dann auch vielleicht die Mittel finden werden, mit welchen sich die Leute im Uranus die Langeweile ihrer zwei und vierzig unserer Jahre dauernden Nächte vertreiben.

Es ist ohne Zweifel Unrecht, die Zufriedenheit und das Wohlseyn der Bewohner anderer Welten nach unseren Bedürfnissen abzumessen und sie sofort schon für unglücklich zu achten, weil wir uns, an ihre Stelle versetzt, nicht glücklich finden würden. Indeß sind wir gezwungen, wenn wir von ihnen reden wollen, sie mit unseren Augen anzusehen und mit unserem eigenen Maßstabe zu messen. Ohne daher über ihr Schicksal absprechen zu wollen, beschränken wir uns darauf, nur dasjenige zu betrachten, was uns in den Verhältnissen treffen würde, denen sie ausgesetzt sind, in Verhältnissen, die sie, mit einer andern Organisation und mit ganz anderen Einrichtungen versehen, auch wohl wieder mit ganz andern Augen ansehen werden. Es hat aber auch nicht an Anderen gefehlt, und unter ihnen haben sich selbst berühmte Astronomen gefunden, die sich diesen Speculationen mit einer Art von Vorliebe hingegeben haben und die sich nicht damit begnügten, zu sehen, welchen Einfluß eine andere Einrichtung der Jahreszeiten, der Temperatur und Beleuchtung bei fremden Weltkörpern auf die Bewohner derselben, wenn sie im Allgemeinen uns ähnlich wären, hervorbringen würde, sondern die diese Spiele ihrer Einbildungskraft oder ihre schwärmerischen Träume auch noch auf die übrigen körperlichen und geistigen Eigenschaften der Bewohner jener Planeten fortgesetzt haben. Es mag uns, zum Schlusse dieses Gegenstandes erlaubt seyn, einige dieser Phantasien zur Erheiterung der Leser hier anzuführen.

§. 122. (Wahrscheinlichkeit, daß die Planeten bewohnt sind.) Zuerst wollen wir bemerken, daß es allerdings sehr wahrscheinlich ist, daß auch jene Weltkörper mit Geschöpfen aller Art bedeckt sind und daß auch dort zahllose organische Wesen sich ihres Lebens erfreuen. Auf unserer Erde finden wir jedes Sandkorn, jeden Wassertropfen belebt — wie sollten so unermeßliche Kugeln ganz ohne Bewohner seyn! Auf unserer Erde finden wir ferner, nicht bloß bei den Thieren, wo die Abstufungen unendlich sind, sondern selbst bei den Menschen, welche die verschiedenen Gegenden der Erde bewohnen, bei dem Lappländer und dem Neger, so große Unterschiede — wie sollten sie bei den Bewohnern des Merkur und des Uranus nicht noch viel größer seyn! Und warum sollte es einer lebhaften Einbildungskraft nicht gegönnt seyn, diese Unterschiede aufzusuchen und sie denjenigen Verhältnissen, die wir von jenen Planeten kennen, so gut wir nun eben können, anzupassen? Vorausgesetzt, daß man bei den allgemeinen Bestimmungen stehen bleibt, ohne sich übrigens in das Detail der geistigen oder körperlichen Vorzüge einzulassen, die jene uns gänzlich unbekannten Geschöpfe vor uns haben, oder auch entbehren mögen.

Digitized by Google

§. 123. (Huygens Meinungen über die Bewohner der Planeten.) Dieß hat aber Huygens in seinem bekannten Cosmotheoros, wenigstens in dem ersten Theile desselben, gethan, und er hat darin an dem Cardinal Cusa, an dem unglücklichen Bruno und selbst an Kepler, in des Letzteren Somnium astronomicum, schon Vorgänger gehabt, dessen Fußstapfen er nur verfolgen und weiter ausbilden durfte. So meint Huygens, daß auf allen diesen Welten, so verschieden sie auch von unserer Erde seyn mögen, doch immer Wasser zu finden seyn muß, weil ohne dieses weder vegetabilisches, noch animalisches Leben gedacht werden kann; ein anderes Wasser übrigens, als das unsere, da dieses im Saturn gewiß nur als Eis vorhanden seyn könnte, und da es im Merkur schon längst in Dampf verwandelt seyn würde. Wo aber eine solche Flüssigkeit ist, da müssen sich auch, wie er weiter glaubt, Pflanzen finden, die eben so wachsen, wie bei uns, indem sie mit ihren Wurzeln die Flüssigkeit des Bodens, und mit ihren Blättern die der Luft einsaugen und verarbeiten. Wo aber Pflanzen sind, werden auch Thiere seyn, die sich von diesen Pflanzen nähren, und die da eben so wachsen und sich fortpflanzen, wie bei uns. Wo ferner Wasser ist, muß auch eine Atmosphäre seyn, weil jenes ohne die letzte schnell verdunsten und alle Meere und Flüsse austrocknen würden. Diese Atmosphäre ist aber vielleicht bei manchen Planeten gar sehr von der unsern verschieden, und sie ist etwa bei Jupiter so dicht, daß wir in derselben, wie in unserem Wasser, schon schwimmen könnten, daher die großen Streifen und die soliden Wolken, die wir auf der Oberfläche dieses Planeten bemerken. Mit diesem Allem noch nicht zufrieden, läßt Huygens diese Welten nun auch von vernünftigen Geschöpfen bewohnt seyn, damit es auch dort Wesen gebe, die über die Wunder des Himmels nachdenken und die Größe des Schöpfers in seinen Werken verkündigen können. Denn wozu sollte der Mensch, dieses nimmer ruhende Ursachenthier, wie es Lichtenberg nennt, hieher versetzt worden seyn, oder warum sollte diese kleine Erde jenen größten aller Vorzüge allein besitzen? — Auch soll kein Zweifel seyn, daß der Verstand jener Leute ganz derselbe mit dem unsern ist, und daß, was hier als wahr, als gerecht, als gut erkannt wird, auch dort dafür erkannt werde, so wie, daß sie ganz dieselben Sinne haben, wie wir. Denn, sagt er, wenn sie nun z. B. keine Augen hätten, wie sollten sie ihr Futter suchen, ihre Freunde erkennen, ihre Feinde fliehen, und warum sollte denn die Sonne über ihnen scheinen, wenn sie sie doch nicht sehen können und wenn sie bloß unter der Erde, wie unsere Maulwürfe und Regenwürmer, sich aufhalten? Er wendet sich selbst ein, daß es vielleicht auf manchen dieser Planeten mehrere Gattungen vernünftiger Wesen geben könne, allein er findet bald, daß dieß der Weisheit der Natur nicht gemäß wäre, weil diese vernünftigen Thiere verschiedener Art sich durchaus nicht vertragen und sehr bald einander aufreiben würden. Da ich es nicht wage, diese sonderbare Lobrede auf die Vernunft hier umständlich wieder zu geben, so mag es hinreichen, nur den Grund dieser Unverträglichkeit mit den eigenen Worten des Verfassers anzuführen: quia nempe, si plura forent eadem ingenii sagacitate, nocere deberent sibi invicem ac de possessionibus et imperio inter se contendere, quod eheu nunc quoque faciunt nimis frequenter, licet unius generis sint, qui in Terra hac dominantur. Demungeachtet nimmt er keinen Anstand, Gelehrte aller Art dort in Menge wachsen zu lassen, besonders aber Astronomen, an denen es auf jenen anderen Welten durchaus nicht fehlen darf. Dadurch will er aber andere Gattungen, die er wenigstens für eben so nothwendig hält, nicht eben ausgeschlossen haben. So behauptet er, daß die

Digitized by Google

Menschen nur deßhalb nackt zur Welt kommen, damit sie, von der Noth getrieben, Gelegenheit bekommen, ihre geistigen Kräfte immer mehr zu entwickeln und selbst für ihre Kleidung zu sorgen, was die übrigen Thiere nicht nöthig haben; woraus er dann den Schluß zieht, daß es auch in jenen Welten eben so wenig an großen Gelehrten, als an geschickten Schneidern fehlen kann, und daß überhaupt Alle, so wie wir, gesellschaftlich zusammen leben, sich des gegenseitigen Gespräches erfreuen, zuweilen auch, bloß der Abwechslung wegen, einander necken und plagen und die Ruhe ihres Lebens vergiften, oder sich in ihren Schlachten zu Tausenden morden mögen, und was dergleichen löbliche Unterhaltungen mehr sind. Ob diese vernünftigen Wesen aber auch das Fleisch der übrigen unvernünftigen Thiere essen, oder ob sie, den Lehren ihrer Pythagoras gehorchend, bloß von Pflanzen leben, wagt er nicht zu entscheiden; doch geht seine Meinung dahin, daß es vielleicht nur die ausschließende Bestimmung der Menschen ist, ut multorum aliorum pernicie et caede vivere debeant. Auch wegen der Statur dieser vernünftigen Geschöpfe ist er in einiger Verlegenheit. Er weiß wohl, daß seine Vorgänger auf diesem Felde die Bewohner der Planeten im Verhältnisse dieser ihrer Wohnorte angenommen und z. B. behauptet haben, daß die Menschen auf Jupiter und Saturn zehn- bis fünfzehnmal größer, als unsere Elephanten oder gar als unsere Wallfische seyn müßten. Aber dieser Schluß scheint ihm doch viel zu gewagt, da die Natur nicht einmal die Größe dieser Planeten selbst nach ihrer Entfernung von der Sonne abgemessen hat. So ist der entferntere Mars kleiner, als die nähere Venus, und eben so ist Saturn kleiner, als Jupiter, und jener hat sieben Monde und einen doppelten Ring, während dieser, der größte unter allen Planeten, sich schon mit vier Monden ohne allen Ring begnügen muß. Andere meinten wieder, die Menschen auf jenen großen Planeten müßten sehr klein und nicht viel größer, als unsere Mäuse seyn. Allein auch dieß kann er nicht gelten lassen, und zwar aus dem völlig hinreichenden Grunde, weil dann diese Mäuse von Astronomen, deren Existenz schon früher erwiesen worden ist, die großen Instrumente nicht mehr gehörig handhaben und rectificiren könnten *).

Man sieht, wie unvollkommen dieß Alles ist, und wie viel sich dagegen sagen läßt. Doch mag es wohl auch seine eigenen Schwierigkeiten haben, sich auf diesem Felde solche exspatiationes ingenii, wie Kepler die ungeregelten Ausflüge der Phantasie genannt hat, mit Hoffnung auf eine nützliche Ausbeute zu erlauben. Es würde ohne Zweifel den Lesern lehrreicher und angenehmer zugleich gewesen seyn, wenn uns Huygens auch nur einen einzigen Sinn mehr, außer den bekannten fünf, genannt hätte, mit welchem die Bewohner der anderen Planeten begabt seyn könnten. Und warum hat er ihn nicht genannt? — Weil er nicht kann, und weil wir Alle es ebenfalls nicht können. Wir würden nicht mehr Menschen seyn, und die uns umgebende Natur würde uns ganz anders erscheinen, wenn uns einer unserer fünf Sinne fehlte, oder wenn uns im Gegentheile noch ein Paar solcher Löcher mehr, wie unsere Augen

*) Deinde cum siderum scientias et observationes apud eos exerceri ostenderimus, sequitur, ut et corpora nacti sint lignis metallisque tractandis, inque instrumenta machinasque adoptandis idonea. At homunciones, muribus non majores, non possent siderum animadversiones instituere, nec instrumenta parare aut disponere etc.

Digitized by Google

oder Ohren sind, in die Haut geschnitten worden wären und wir noch einen sechsten Sinn erhalten hätten. Aber welcher Art soll dieser Sinn seyn? — Von einem Sinne kann man sich doch nur wieder eine sinnliche, keine transcendente Vorstellung machen, und um dieß zu thun, muß man zuvor den Sinn selbst haben. So wie aber der Blindgeborne Unrecht haben würde, die Unmöglichkeit des Sehens zu behaupten, eben so wenig dürfen auch wir an der Möglichkeit noch anderer Sinne zweifeln. Die Beschaffenheit unserer Erde scheint der Art, daß wir alle Genüsse, die sie uns, den Menschen und den Thieren, anbietet, durch jene fünf Kanäle in uns aufnehmen können. Allein ein anderer Planet, eine andere Natur wird vielleicht auch andere Sinne voraussetzen, und wir haben keinen Grund, zu behaupten, daß auf jedem Planeten nur die Erscheinungen unserer Erde immer wieder kommen werden.

Obschon es also wohl am klügsten wäre, über diese Dinge, von welchen wir nichts wissen und nichts wissen können, auch weiter nichts zu sprechen, so haben es, wie gesagt, doch mehrere schätzbare Astronomen sich erlaubt, einige ihrer Nebenstunden einem Ausfluge in jene unbekannten Gegenden zu widmen, und so wird es auch uns gegönnt seyn, diese Sache weiter zu verfolgen und die Ausbeute, die jene von ihren Excursionen zurück gebracht haben, etwas näher anzusehen.

Auf diese Weise hat sich also auch Huygens mit den bereits angeführten, allgemeinen Bemerkungen über jene Weltkörper nicht begnügt, sondern er versuchte es, auf jeden einzelnen derselben herabzusteigen und uns einige nähere Nachrichten von ihm mitzutheilen.

Auf dem Merkur, sagt er, wo die Sonnenscheibe siebenmal größer, als bei uns erscheint, herrscht eine so intensive Hitze, daß alle unsere Pflanzen verdorren und wir selbst in kurzer Zeit zu Grunde gehen müßten. Die Pflanzen und Thiere sind daher dort so eingerichtet, daß sie diese höhere Temperatur sehr gut ertragen, und daß sie sich in einem Zustande wohl befinden können, den wir für das größte Unglück ansehen müßten. Die Bewohner dieses Planeten glauben gewiß, daß wir vor Kälte schon längst Alle erstarrt sind, wie wir wohl dasselbe von den Leuten im Uranus glauben, während wir Alle, jeder in seiner Welt, uns doch recht wohl befinden. Da aber, fährt Huygens weiter fort, mit der Wärme das Leben des Körpers sowohl, als auch die Kraft und Lebhaftigkeit des Geistes so innig zusammenhängt, so ist nicht zu zweifeln, daß die Hermopoliten uns armen Erdbewohnern an geistigen Fähigkeiten weit überlegen sind. Warum aber, fragt er sich selbst, warum gilt nicht dasselbe auch von den Bewohnern Afrika's oder Südamerika's, die es doch auch viel heißer haben, als wir, und die demungeachtet an Geisteskraft den Europäern so weit nachstehen? Dazu kömmt, daß wir, indem wir die Bewohner Merkurs durchaus für Genies erklären, die von Jupiter und Saturn aus demselben Grunde für Dummköpfe halten müßten, was ihm denn doch wieder leid thut, da diese Leute, bei ihren vielen Monden, eine so schöne Gelegenheit zu astronomischer Bildung haben, daher er denn auch die ganze Sache lieber auf sich selbst beruhen lassen will. Dadurch von weiteren Versuchen dieser Art abgehalten, wagt er es auch nicht, uns seine Meinungen von den Bewohnern der anderen Planeten mitzutheilen, sondern er beschränkt sich bloß auf die Klimate und Jahreszeiten derselben und auf den Anblick des Himmels, dessen Verschiedenheiten er für die einzelnen Standpunkte der Beobachter aufzählt.

§. 124. (Kircher's Meinung von den Bewohnern der Planeten.) Nicht so vorsichtig benahm sich Kircher in seinem bekannten Iter ecstaticum.

Digitized by Google

Dieser Jesuit fingirt eine Reise, die er an der Hand eines Genius, von Planeten zu Planeten, gemacht hat, und erzählt uns, was ihm daselbst zu Gesichte gekommen seyn soll. Seine Phantasie scheint lebhaft genug, aber nicht gehörig geregelt, noch durch hinlängliche Kenntnisse unterstützt gewesen zu seyn. Dabei setzt dieser alte Gegner des Copernicus voraus, daß sämmtliche Planeten unbewohnt seyen, und daß man auf ihnen nicht einmal Pflanzen und Bäume finde, wodurch er sich selbst alle Mittel zu artigen Erfindungen, um die es sich hier allein handelte, abgeschnitten hat. Den Einwurf, daß bei dieser Voraussetzung die Planeten ganz unnütz sind und eben so gut völlig wegbleiben könnten, widerlegt er dadurch, daß er beweist, sie seyen alle der Erde und zwar der astrologischen Einflüsse wegen da, die sie auf die Erde ausüben. Diesem gemäß fand er auf der Venus Alles gar lieblich und schön, wie es dem Wohnsitze der Liebesgöttin ziemt; ein sanftes Rosenlicht war über den ganzen Planeten ausgegossen, Wohlgerüche dufteten rings umher, Zephire säuselten in das Gemurmel der Bäche, und ringsum glänzte Alles von Gold und Edelsteinen. Auf dem Jupiter fand er die Luft äußerst rein und gesund, das Wasser spiegelhell und die Erde selbst wie Silber glänzend. Wie konnte er auch anders, da, nach der Lehre der Astrologen, der Einfluß dieser beiden Planeten auf die Menschen durchaus nur der glücklichste ist, und da die von ihnen begünstigten Leute bald durch Schönheit und Liebenswürdigkeit, bald durch männlichen Muth und hohen Verstand ausgezeichnet werden. Auch im Merkur war es noch erträglich, nur ging es ihm daselbst zu lebhaft und quecksilberartig zu, aus Ursache, weil die in seinem Zeichen Gebornen mit Leichtsinn und schalkhaftem Wesen begabt zu seyn pflegen. Ganz anders war sein Empfang auf dem Mars, dem rauhen Kriegsgotte, wo er Alles fürchterlich und abschreckend sah, wo große Ströme von flammendem Pech sich über ihr Ufer ergossen und ganze Länder in dichten, erstickenden Rauch hüllten. Noch schlechter endlich war es auf Saturn, der ihm als ein weites, einsames, finsteres Grab erschien, von dem nichts als Unheil zu erwarten war, daher er sich denn auch so geschwinde als möglich wieder von ihm zu entfernen suchte. Man weiß nämlich, wie übel die zwei letzten Planeten bei den Astrologen angeschrieben waren, daher sich auch hier nichts Gutes von ihnen sagen ließ. Da diese kurzen Besuche nicht hinreichten, unsern Reisenden vollständig zu unterrichten, so wendet er sich noch mit einigen nachträglichen Fragen an seinen Genius, der ihm dann erzählt, daß das Firmament keineswegs von Krystall sey, wie Kircher mit vielen Andern bisher glaubte, sondern daß es eine Art von Wasser, ein großer Ocean wäre, in welchem die Sonne, die Planeten und die Fixsterne, wie Fische, herum schwimmen, daß aber die Bewegungen dieser Fische von eigenen Genien geleitet würden, die denselben mit einem Stabe ihre Bahn im Wasser vorzeichnen; daß übrigens dieses Wasser, so wie das, welches die Bäche der Planeten bildet, kein gewöhnliches, sondern ein ganz anders beschaffenes Wasser sey, daher auch mit demselben ein Jude oder Heide nicht gültig getauft werden könne, und was dergleichen Dinge mehr sind, die ich weiter zu erzählen Anstand nehmen muß, da sie in der That nicht bloß für einen Genius, sondern selbst für einen solchen Schüler eines Genius gar zu albern sind, als daß man länger bei ihnen verweilen könnte.

§. 125. (Fontenelle's Ansichten von den Bewohnern der Planeten.) Hören wir dafür noch, auf welche Weise Fontenelle diesen Gegenstand in seinen bekannten Dialogen über die Mehrheit der Welten behandelt. — Auf dem Merkur, sagt er, ist die Hitze so unmäßig, daß die guten

Digitized by Google

Leute daselbst, die nun aber seit so langer Zeit auch hoffentlich daran gewöhnt sind, wenn sie plötzlich in die Mitte Afrika's versetzt würden, vor Kälte klappern und am Ende ganz erfrieren müßten. Unser Gold und Silber muß dort, der ungeheuern Hitze wegen, im beständigen Flusse seyn, wie bei uns das Quecksilber *), und da dieses geschmolzene Metall das eigentliche Wasser ihrer Ströme ausmacht, so lassen es sich die guten Leute wohl nicht einfallen, daß es andere Welten gibt, wo man dieses Wasser nur als den härtesten Körper kennt und dasselbe als Münzen bei sich in der Tasche herumträgt. Seine Tage müssen offenbar sehr kurz seyn **), oder er muß sich sehr schnell um seine Axe drehen, weil sonst die armen Leute auf diesem Planeten von der glühenden Esse, die über ihren Häuptern schwebt, ganz gebraten werden müßten. Daher dürfen wir uns auch nicht sehr verwundern, wenn wir einmal hinkommen und sehen, daß sie Alle im Kopfe nicht recht richtig sind, daß den meisten das Gehirn verbrannt ist und daß sie stets lustig und leichtsinnig ***) wie die Kinder und die Narren in den Tag hinein leben, und nur froh sind, wenn die kühle Nacht wieder kömmt, wo sie von ihren Sprüngen und von der Sonnenhitze etwas ausruhen können.

Was nun weiter die Venus betrifft, so sind die Bewohner derselben lauter Seladons und Sylphiden, Romanenhelden und Heldinnen, verliebte Zeisige, die, wie unsere Dichter, von nichts als Liebe girren und sich damit einander oft ganz entsetzliche Langeweile machen. Von Philosophie, Mathematik und andern ernsthaften Dingen ist da das ganze Jahr keine Rede, nicht einmal Zeitungen lesen sie und überhaupt gar keine Bücher, weil sie vor lauter Liebeleien nicht dazu kommen können, ausgenommen den weinerlichen Siegwart und die jämmerliche Palmela, die aber dort in allen Sprachen übersetzt und schon, so lang sie auch sind, von den kleinsten Kindern in den Schulen auswendig hergesagt werden müssen. Und dabei ist dieses verliebte Völkchen das häßlichste von der Welt, schwarz, von der Sonne halb zu Kohlen verbrannt, aber dabei doch immer lustig und munter. Nirgends soll es mehr Dichter oder wenigstens Versemacher geben, und der Musik, der Tänze und Festgelage soll dort gar kein Ende seyn, und kurz, wenn sie, wie übrigens alle Bewohner heißer Gegenden, nicht gar so mäßig lebten, denn sie sollen beinahe nichts essen und bloß von der Luft leben, so würde man das bekannte schöne Dystichon unseres Schiller, womit er eine große Haupt- und Residenz-Stadt des ehemaligen h. römischen Reiches so treffend geschildert hat, ohne alle Umänderung auf sie anwenden können.

Von dem Planeten Mars, sagt unser Verfasser ganz kurz, weiß ich gar nichts Merkwürdiges anzuführen, daher er es auch nicht verdient, daß wir uns weiter bei ihm aufhalten.

---

*) Fontenelle hat hier, wie sonst öfter, übertrieben, und seine Farben etwas zu stark aufgetragen. Auf Merkur ist die Beleuchtung und also vielleicht auch die Temperatur, nur sechs- oder siebenmal größer, als bei uns, allein zum Schmelzen des Goldes und Silbers müßte die Hitze einige tausendmal größer seyn.

**) Sie sind aber nahe so lang, als die Tage der Erde.

***) Der Uebersetzer Fontenelle's, Bode, macht dazu ganz ernsthaft die Bemerkung: „Sonderbar! Man findet doch sonst bei uns, in Berlin, daß „eine große Hitze den Geist eher schläfrig und träge, als lebhaft mache."

Digitized by Google

Bald sollte man es, fährt er fort, mit Jupiter eben so machen, obschon er der größte unter allen Planeten ist. Warum nämlich sollten wir uns so sehr um ihn bekümmern, da er sich doch um uns so wenig annimmt, da er wahrscheinlich nicht einmal von unserer Existenz etwas weiß. Unsere Erde erscheint ihm als eine 144 mal kleinere Scheibe, als er uns erscheint, und wenn daher die Leute dort keine Fernröhre oder keine Adleraugen haben, so können sie uns mit aller Anstrengung nicht einmal sehen. Und wenn ja einmal ein glücklicher Astronom mit einem Riesenrefractor das kleine schimmernde Lichtpünktchen *) sieht und seine große Entdeckung in den Journalen ankündigt — was wird die Folge davon seyn? — Der große Haufe wird es nicht lesen oder darüber lachen; die Philosophen, mit deren System die neue Entdeckung nicht übereinstimmt, werden nichts davon glauben; eine andere Gattung von Leuten werden den armen Astronomen bis in den Tod verfolgen und noch ein anderer, nicht eben klügerer Theil wird — neutral bleiben und sich um die ganze Sache, d. h. um uns alle hier unten, nicht weiter kümmern.

Aber die Jupitersbewohner, mit den Entdeckungen auf ihrem eigenen Planeten so sehr beschäftiget, daß ihre Colombos wahrscheinlich nicht Zeit haben, an uns zu denken, werden, wenigstens nach unseren geographischen Kenntnissen zu schließen, noch nicht einmal den hundertsten Theil ihrer Länder und Völker kennen, während die Bewohner Merkurs, und noch mehr die der vier neuen Planeten, wahrscheinlich sich allesammt schon längst kennen und wohl gar ganz wie die Einwohner unserer Dörfer unter einander verwandt sind. Ueberhaupt aber mag es mit der Astronomie dieser guten Leute in Jupiter sehr schlecht stehen. Denn auch von der Venus und dem Merkur wissen sie nichts, da jene nur 8 und dieser nur 4 Grade sich von der Sonne entfernt und also immer in ihren Strahlen schwimmt. Selbst von dem ihnen nächsten großen Planeten, dem Saturn, werden sie weder den Ring, noch die sieben Monde sehen, wenn anders nicht ein zweiter Galilei auch bei ihnen schon das Fernrohr erfunden hat. An den eigenen vier Monden werden sie sich vielleicht schadlos halten und die beinahe täglich vorfallenden Finsternisse derselben wahrscheinlich ohne jene Furcht beobachten, die uns so lange geplagt hat. Doch dürfen wir daraus nicht schließen, daß sie nicht an anderen, vielleicht größeren Uebeln leiden, und wenn sie uns gleichen, so werden sie gewiß auch ein Vorurtheil, oder einen Aberglauben nur verlassen, um dafür zehn andern, eben so thörichten, anzuhängen. Die jahrelangen Nächte, welche auf Jupiter und Saturn herrschen, könnten allerdings der praktischen Astronomie sehr förderlich seyn, aber die Kälte dieser Jahreszeiten ist wahrscheinlich wieder so groß, daß die meisten ihre warme Stube allen andern Unterhaltungen vorziehen werden. Wenn die Natur auf Saturn und Uranus nicht andere Mittel gefunden hat, Wärme zu erregen, als bei uns, so müssen die Bewohner derselben für die Kälte ganz unempfindlich seyn, und wir würden sie, wenn sie plötzlich nach unserem Lapplande versetzt würden, vielleicht

*) Die Erde erscheint dem Jupiter nur unter einem Durchmesser von 3 Secunden und immer sehr nahe bei der Sonne, von der sie sich nie über eilf Grade entfernt, so daß sie, wenn unsere Erde je dort sichtbar ist, immer nur kurz vor dem Aufgange oder gleich nach dem Untergange der Sonne an dem Horizonte des Beobachters bemerkt werden kann.

Digitized by Google

augenblicklich vor Hitze umkommen sehen. Das Wasser ihrer Flüsse, wenn es anders unserem Wasser gleicht, wird unsern polirten Steinen, und selbst der bei uns nie frierende Weingeist wird unsern Diamanten gleichen. Unter solchen Verhältnissen kann man sich die Leute in diesen von der Sonne entfernten Weltkörpern nicht gut anders, als sehr träg und phlegmatisch denken, und während die des Merkurs stets tanzen und lachen, mögen die im Saturn oder im Uranus, wie unsere Austern, an den Stellen liegen bleiben, wo sie geboren sind, und nicht einmal wissen, wie man fröhlich seyn und lachen kann.

Doch genug und wohl schon mehr als genug von diesen Dingen, die wir nicht kennen und wahrscheinlich auch nie kennen werden. Mögen wir uns zufrieden stellen, daß wir von der Natur auf einen Ort im Weltraume angewiesen worden sind, der von allen jenen Extremen, der von der Hitze Merkurs und von der Kälte des Uranus gleich weit entfernt ist, und wenn jener alte Philosoph den Göttern dankte, daß er ihn zum Menschen und nicht zum Thiere geschaffen hat, daß er ein Grieche und nicht ein Barbar geboren ward, so wollen auch wir es dankbar erkennen, daß wir auf dem unserer Organisation angemessensten, auf einen mittlern, gemäßigten Planeten, und überdieß auch noch auf die gemäßigte Zone desselben versetzt worden sind, und daß wir uns vieler Wohlthaten erfreuen und Tausende von Genüssen erlauben können, für welche die Bewohner des Senegals oder des Eismeeres keinen Sinn haben oder, wenn sie ihn zu ihrem eigenen Unglücke haben sollten, ihn nur selten oder nie befriedigen können.

§. 126. (Ist Uranus der äußerste und letzte Planet des Sonnensystems?) Wichtiger, als jene unfruchtbaren Speculationen, möchte für uns die Frage seyn, ob mit Uranus, den wir zuletzt betrachtet haben, die Reihe der Planeten in der That geschlossen ist, und ob es jenseits dieses Himmelskörpers keinen andern mehr gibt, der so, wie alle bisher aufgezählten, zu dem eigentlichen Sonnenstaat gehört.

Wir haben oben (I. §. 100. II. §. 84) die Distanzen von der Sonne aufgezählt, in welcher sich die Planeten folgen. Nennt man nämlich 4 die mittlere Entfernung Merkurs von der Sonne, so würde, jener Reihe zu Folge, die Entfernung des erstern über Uranus hinaus liegenden Planeten 3mal 128 und 4 oder 388 seyn. Da nun die wahre mittlere Distanz Merkurs nahe acht Millionen Meilen beträgt, so würde die Distanz dieses neuen Planeten wenigstens 776 Millionen Meilen, also nahe doppelt so groß, als die Distanz des Uranus seyn. Wir werden aber in einem der nächstfolgenden Kapitel zwei merkwürdige Kometen kennen lernen, die beide ihre Aphelien (I. §. 137) über der Uranusbahn, aber doch noch weit diesseits der Bahn jenes vermeinten neuen Planeten liegen haben, und von welchen der eine eine sehr starke Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik hat, während der andere sogar mit einer rückläufigen Bewegung, d. h. von Ost gen West, seine Bahn beschreibt. In dem eilften Kapitel des dritten Theiles dieser Schrift werden wir sehen, daß alle älteren Planeten ohne Ausnahme, so wie auch ihre Monde, eine rechtläufige Bewegung, von West nach Ost, und überdieß eine im Allgemeinen nur geringe Neigung ihrer Bahnen gegen die Ekliptik haben. Es ist äußerst unwahrscheinlich, daß diese Uebereinstimmung der Neigungen und der Richtungen der Bewegung bei allen Planeten das bloße Werk des Zufalls ist, und wir werden später finden, daß dieselbe Ursache, welche diese Harmonie hervorgebracht hat, schon zu der Zeit der Entstehung dieser Planeten thätig gewesen seyn, und daß endlich die Wirkungssphäre derselben sich bis zu den äußersten Gränzen unseres

Digitized by Google

Planetensystems ausgedehnt haben muß. Diese Ursache mag nun in einer anfänglich sehr erweiterten Sonnenatmosphäre oder in irgend einem andern uns unbekannten Agens bestanden haben, so folgt doch immer daraus, daß innerhalb dieser Wirkungssphäre keine Bahnen entstehen oder fortdauern konnten, die von jener erwähnten Uebereinstimmung aller Planeten eine Ausnahme machen, deren Bahnen also entweder sehr stark gegen die Ekliptik geneigt sind, oder mit einer retrograden Bewegung zurückgelegt werden. Dieß ist aber der Fall mit jenen beiden Kometen. Da nun diese zwei Kometen zur Zeit ihres größten Abstands von der Sonne, wie gesagt, zwischen der Bahn des Uranus und des vermeinten noch entfernteren Planeten stehen, so ist es sehr wahrscheinlich, daß sie auch zur Zeit der Entstehung der Planeten jenseits des Uranus, also außerhalb derjenigen Wirkungssphäre sich befunden haben, in welcher allein Planeten entstehen konnten, oder mit andern Worten, daß es jenseits der Uranusbahn keinen eigentlichen Planeten mehr geben kann.

Doch sind dieß, wie wir hinzusetzen müssen, zwar wahrscheinliche, aber doch nicht bewiesene Muthmaßungen, und es könnte leicht seyn, daß die Beobachtungen der nächsten Jahre uns von dem Ungrunde derselben überführen. Wer hätte, wenige Tage vor dem Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts, uns voraussagen mögen, daß wir in einigen Jahren vier neue Planeten zwischen Mars und Jupiter finden würden? Wie viele derselben, von welchen wir jetzt noch keine Ahnung haben, mögen sich noch in demselben weiten Raume befinden? Wer könnte es uns selbst verargen, wenn wir der Ansicht wären, daß sogar unsere Erde noch einen neuen, uns bisher unbekannten Mond habe? In der That hat schon D. Cassini i. J. 1700 diese Meinung geäußert, die er wegen der großen Distanz der Erde von der Venus und dem Mars sogar sehr wahrscheinlich fand. Wenn dieser Mond sehr klein und überdieß sehr weit von uns entfernt ist, so kann er sich vielleicht noch Jahrtausende um die Erde bewegen, ohne daß die Bewohner derselben auch nur die Existenz desselben erfahren. Vielleicht sind die sogenannten Meteorsteine nichts anders, als solche kleine kosmische Körper, die sich, gleich den größern Planeten, wie Kometen im Weltenraume herumtreiben, und wenn sie einem derselben näher kommen, entweder auf ihn stürzen, wie wir das schon so oft erfahren haben, oder ihn als neue Satelliten auf seiner Bahn um die Sonne begleiten. Von diesem Standpunkte aus betrachtet, ist unsere Erde, und vielleicht jeder andere Planet, von einer großen Anzahl solcher kleinen Monde umgeben, deren Daseyn uns unbekannt ist und so lange bleiben wird, bis einmal der Zufall einen derselben in das Feld unserer Fernröhre führt.

Uebrigens werden die großen Distanzen, in welchen die Planeten von einander abstehen, von dem Urheber der Natur gewiß nicht ohne Absicht gewählt worden seyn, wenn es uns gleich sehr schwer fallen mag, dieselben zu ergründen. Wir glauben, und Theorie und Beobachtung berechtigt uns dazu, daß zwischen diesen Planeten und der Sonne nur die gegenseitige Anziehung, die wir in dem folgenden Buche unter der Benennung der allgemeinen Schwere näher kennen lernen werden, wirksam sey. Wenn aber diese Planeten einander näher stünden, so würden vielleicht auch andere Kräfte, Affinitäten, chemische Verwandtschaften u. dgl. wirksam werden, und sie sind es auch vielleicht gewesen, zu einer Zeit, wo diese Planeten durch die Wirkung einer hohen Temperatur in ihrem Innern einen viel größern Raum eingenommen haben, als gegenwärtig, und wo ihre Massen, wie es sehr wahrscheinlich ist, in einem Zustande der Flüssigkeit gewesen sind. Die Kometen scheinen sich den Pla-

Digitized by Google

neten und selbst der Sonne schon oft viel mehr zu nähern, und wir bemerken die Folgen dieser Nachbarschaft bereits in einer sehr auffallenden Veränderung ihrer Gestalt, die bei den Planeten nicht mehr vorkömmt. Und wenn der unserer Erde so nahe Mond, statt aus soliden Theilen zu bestehen, gleich jenen Kometen eine bloße Dunstwolke wäre, so würde wahrscheinlich auch seine Gestalt eine ganz andere seyn, als die, welche wir jetzt an ihm bemerken.

Kapitel IX.

Der Mond.

§. 127. (Betrachtungen über eine Reise in den Mond.) Die vorzüglichsten astronomischen Erscheinungen des Mondes haben wir bereits oben (I. Kap. XI) angegeben. Hier wollen wir dasjenige kurz zusammen stellen, was uns über die physische Beschaffenheit seiner Oberfläche bekannt geworden ist.

Diese würden wir nun allerdings am besten kennen lernen, wenn es uns gegönnt wäre, eine Reise in den Mond zu machen und ihn dann in der Nähe zu untersuchen. Da aber bisher noch Niemand, so viel wir wissen, eine solche Reise unternommen hat, so wollen wir zuerst zusehen, welche Hoffnung wir haben, daß wenigstens in der Zukunft ein Unternehmen dieser Art von irgend einem unter uns glücklich ausgeführt werde.

Erstens ist es etwas weit von uns bis zu dem Monde, obschon er unter allen andern Himmelskörpern uns am nächsten steht, und wer sich nicht einer besondern Geduld und Ausdauer bewußt ist, wird besser thun, zu Hause zu bleiben. Seine mittlere Entfernung von uns beträgt (I. §. 162) 51812 d. Meilen. Unsere Dampfeilwägen sollen in jeder Stunde 8 Meilen zurücklegen, sie würden also erst in 270 Tagen, den Tag zu 24 Stunden genommen, dort ankommen. Mit unseren Postwägen, die täglich etwa 25 Meilen machen, würde man den Mond erst in 5 Jahren und 247 Tagen erreichen, und diese Zeit wird doch wohl manchem unserer ungeduldigen Reisenden etwas zu lange dünken. Da aber, wo keine feste Straße ist, auch kein Wagen gebraucht werden kann, so müßten wir uns schon bequemen, zu Schiffen, und zwar zu Luftschiffen unsere Zuflucht zu nehmen. Wenn uns dann das Glück so gut wollte, daß wir immer mit frischem Winde segeln könnten, der bekanntlich in einer Secunde 15 Fuß zurücklegt, so werden wir zu unserer Reise 909 Tage oder 2 Jahre und 179 Tage brauchen; eine noch immer viel zu lange Zeit für alle die, welche sich, der andern Unfälle, die einem auf solchen Reisen begegnen könnten, nicht zu erwähnen, vor dem größten aller

Digitized by Google

Uebel, vor der Langweile fürchten, die dort kaum ausbleiben wird, wo rechts und links von der Straße — gar nichts ist, was die Aufmerksamkeit des Reisenden auch nur einen Augenblick auf sich ziehen könnte. Durch Stürme allerdings könnte diese Reise nicht wenig befördert werden. Unsere Orkane legen in einer Secunde gegen 60, ja wohl 100 Fuß zurück. Auf den Flügeln eines solchen Sturmwindes würde man also schon in 136 Tagen an Ort und Stelle ankommen, aber — wie ankommen! Wer mag es wagen, sich einem solchen Geleitsmanne anzuvertrauen! — Zwar gäbe es noch andere und wohl auch sehr expeditive Mittel, diese Reise in noch viel kürzerer Zeit zu vollenden. Das Licht z. B., das in 8 Min. 13 Sec. von der Sonne bis zu uns kömmt, würde von uns bis zum Mond schon in $1^2/_5$ Secunde, also, wie wir sagen können, in einem untheilbaren Augenblicke kommen. Aber dergleichen Fahrzeuge sind nicht für uns eingerichtet, die wir nicht bestimmt sind, auf Sonnenstrahlen zu reiten.

Wir müssen also doch wohl wieder zu unsern Luftschiffen zurückkehren. — Aber auch hier werden sich bald noch andere Hindernisse zeigen. Unsere Aeronauten haben bekanntlich noch immer kein Mittel gefunden, ihr Schiff im kontrairen Winde zu leiten und einer sichern Direction zu unterwerfen. Wie leicht ist es dann möglich, daß uns diese Herren, statt nach dem Mond, in das große, uferlose Weltenmeer hinausführen, unde negant redire quemquam, in jenen gränzenlosen Raum, in welchem wir nicht nur den Mond nie erreichen, sondern am Ende selbst noch unsere Erde aus dem Gesichte verlieren würden.

Ja selbst, wenn diese Direction in der Macht unserer Führer stände, welche Richtung sollen sie nehmen, um sicher auf dem Monde anzukommen? Ich fürchte, diese Herren würden sehr in Verlegenheit kommen, wenn sie diese Frage beantworten und den Kompaß vorzeigen sollten, der ihnen den wahren Weg zum Ziele zeigen wird. Ihr Abfahrtspunkt, die Erde, ist bekanntlich eben so beweglich, wie das Ufer, dem sie entgegen steuern sollen. Jene, die Erde, legt in jedem Tage über 355000 Meilen um die Sonne zurück, fliegt also mit einer Geschwindigkeit durch den Himmelsraum, die mit der unserer Kanonenkugeln nicht weiter verglichen werden kann; und dieser, der Mond, begleitet sie auf ihrem Wege, indem er stets in großen Spiralen- oder Schlangenlinien um sie tanzt und seine Geschwindigkeit jeden Augenblick ändert. Während die Erde in einer einfachen Ellipse jährlich um die Sonne geht, läuft ihr Begleiter in einer Entfernung von 51800 Meilen in derselben Zeit $12^1/_2$ mal um die Erde, so daß seine wahre Bewegung einer aus 12 bis 13 Knoten zusammen geschlungenen Schnur gleicht, die aber so wunderbar verworren ist, daß sie in vielen tausend Jahren nicht wieder in sich selbst zurückkehrt, weil nämlich jene monatlichen Knoten der Mondsbahn mit dieser jährlichen Schnur der Erdbahn kein gemeinschaftliches Maaß haben und jene daher immer in andere Stellen von dieser fallen müssen.

Allein mit dieser Schwierigkeit ist es noch lange nicht gethan. Eine viel größere wird uns die Schwere oder die sogenannte Anziehung der Erde sowohl, als auch die des Mondes selbst, bereiten. Die Schwere der Erde wird nicht zugeben wollen, daß sich das Schiff von ihr entferne, da sie alles fest hält, was zu ihr gehört, und da wir noch gar kein Beispiel haben, daß ihr etwas von dem, was sie einmal als ihr Eigenthum erklärt hat, hätte entwendet werden können. Wenn wir aber auch, obschon ich durchaus kein Mittel dazu sehe, dieses Hinderniß überwinden und uns heimlich aus dem Bereiche der Erde entfernen könnten, so werden wir, indem wir dann wohlgemuth weiter schiffen, bald darauf

Digitized by Google

in den anderen Bereich, in die Attractionssphäre des Mondes kommen, der dieselbe löbliche Eigenschaft besitzt, alles fest zu halten, was er einmal, mit Recht oder Unrecht, als sein Eigenthum erklärt hat. Er hat diese Unart wahrscheinlich von der Erde, deren Trabant er schon so lange ist, gelernt, wie sich denn immer die Diener gern nach ihren Herren, wenigstens in ihren Fehlern, zu richten pflegen. Ja es scheint sogar, als ob dieselbe Sitte sich auch auf gewisse zweibeinige Thiere ohne Federn auf dieser Erde fortgepflanzt habe, die es im Kleinen eben so zu machen pflegen, wie die Erde und der Mond im Großen. Diese Habsucht also, oder diese Herrschluft, oder, wie man auch zuweilen zu sagen pflegt, diese Attractionskraft des Mondes wird die Ursache seyn, daß unser Luftschiff, wenn es demselben einmal nahe genug gekommen ist, nun recht eigentlich zu ihm herab *fallen*, ja mit einer solchen Heftigkeit herab *stürzen* wird, daß das ganze Fahrzeug, und wir mit ihm, nur ganz zertrümmert und in dem elendesten Zustande daselbst ankommen können, wodurch daher, selbst wenn alles Vorhergehende auf das Glücklichste abgelaufen wäre, der ganze Zweck der Expedition doch wieder verloren gehen müßte.

Womit sollen wir überdieß unsere Aerostaten füllen? — Mit irgend einer Luftart ohne Zweifel, die dünner und leichter ist, als die, in der wir segeln wollen. Allein unsere atmosphärische Luft ist, in der Höhe von etwa drei Meilen über der Oberfläche der Erde, schon so dünn, daß der sogenannte leere Raum unter unsern Luftpumpen dagegen als sehr dicht angesehen werden kann, und weiter ab hat alle Luft, also auch alles Schiffen in der Luft ganz und gar ein Ende. Wir werden daher, nur um uns von der Erde zu erheben, auf eine Kraft denken müssen, die uns von der Erde so stark abstoßt, daß wir, wie eine aus der Mündung der Kanone tretende Kugel, durch diesen Stoß bis zu dem Mond geschleudert werden. Diese Kraft müßte, wie man durch Rechnung zeigen kann, so groß seyn, daß sie unser Schiff, in der ersten Secunde seiner Abfahrt von der Erde, durch 41000 P. Fuß treiben könnte. Eine so entsetzliche Geschwindigkeit ist nahe dreißigmal größer als die einer Kanonenkugel im Anfange ihres Laufes. Wer von uns wird aber auf einer solchen Kugel, und daher noch viel mehr auf einem so viel schnellern Schiffe fahren wollen, das ohne Zweifel gleich in dem ersten Augenblicke durch die Gewalt dieses Stoßes selbst zertrümmern müßte.

Wie wird es dann mit unsern Lungen stehen in den Gegenden, wo keine Luft mehr ist? Sollen wir uns einen Vorrath davon in Schläuchen mitnehmen? Sie werden keinen kleinen Raum einnehmen, da wir alle die Zeit unserer Reise davon zehren sollen. Und wenn wir endlich auf dem Monde ankommen und unsern Vorrath erschöpft finden, sind wir nicht wieder, wo wir früher waren? Denn unglücklicher Weise ist auch auf dem Monde selbst keine Luft, wenigstens gewiß keine solche, die der menschlichen Lunge angemessen ist.

Endlich, was vielleicht zuerst hätte gesagt werden sollen, da es gewiß den meisten unserer Reisenden, mehr als alles Vorhergehende, jede Lust rauben wird, von der Parthie zu seyn — auf der ganzen, langen, endlosen Straße gibt es, nicht nur keine guten, sondern überhaupt ganz und gar keine Gasthäuser, ja nicht einmal eine Karavanserey, wo man, wenn auch nicht essen und trinken, doch wenigstens eine Weile ausruhen könnte. Dieser Umstand wird, ich fürchte sehr, die allermeisten unserer Reisenden, besonders meine guten Landsleute, selbst viele der sogenannten wissenschaftlichen nicht ausgenommen, zurückschrecken. Wer von ihnen wird es der Mühe werth finden, so lange Zeit ohne einen guten Tisch,

Digitized by Google

ohne weiche Lager, ohne alle Unterhaltung zu seyn und mit Ungemach aller Art zu kämpfen, um am Ende einige Steine oder einige getrocknete Pflanzen, die Niemand von uns brauchen kann, aufzulesen, oder irgend eine Entdeckung zu machen, ohne die wir gewiß auch noch leben können, aus dem einfachen aber hinreichenden Grunde, weil wir bisher ohne sie gelebt haben, eine Entdeckung, auf die am Ende doch nur wieder da und dort ein obscurer Gelehrter einiges Gewicht legen und die von allen andern, selbst von denen ignorirt werden wird, die etwa nach uns dieselbe Reise machen und, unseren Guide de Voyageur in der Hand, sich informiren wollen, nicht, welche Entdeckungen für die Wissenschaften wir gemacht haben, sondern nur, wo guter Wein und schmackhafte Braten zu bekommen sind.

Man sieht aus allem Vorhergehenden hoffentlich zur Genüge, daß ein Unternehmen dieser Art nicht nur thöricht und nutzlos, sondern daß es auch ganz unausführbar ist, und daß es daher besser seyn wird, uns noch ein Weilchen hier unten zu begnügen und aus diesem Thal der Thränen, das wir bewohnen, jene Gefilde der Freude mit sehnsuchtsvollen Augen, oder was noch besser seyn möchte, ganz harmlos, aber dafür mit guten Fernröhren anzuschauen.

§. 128. (Vortheile, die uns die Entfernung des Mondes zu der bessern Kenntniß desselben gewährt.) Dieser Umstand, daß wir uns immer in einer artigen Entfernung von dem Monde halten müssen, wird uns allerdings manche einzelne Merkwürdigkeit desselben verbergen, und wir dürfen nicht hoffen, die Oberfläche desselben so gut kennen zu lernen, als dieß wohl geschehen könnte, wenn wir auf ihr herumgehen und jeden einzelnen Theil derselben mit dem Microscope untersuchen könnten. Aber derselbe Umstand hat auch wieder, wie alle Dinge in dieser besten Welt, seine gute und sehr schätzenswerthe Seite. Wegen dieser Entfernung lernen wir den Mond im Großen viel besser kennen, als wir ihn in einer größern Nähe sehen würden, und wir sehen vielleicht manches von den Eigenschaften desselben auf den ersten Blick, von dem die Leute im Monde, wenn sie anders existiren, selbst nichts wissen. Unsere Urtheile, und so wahrscheinlich auch die der Mondsbewohner, hängen einmal von den Umständen, von unseren Stellungen zu den Gegenständen ab, über die wir urtheilen. Was uns zu nahe ist, können wir eben so wenig deutlich sehen, als was zu weit von uns absteht, und so, wie wir gewöhnlich unter allen Menschen uns selbst am wenigsten kennen, weil wir uns selbst zu nahe stehen, so mögen auch die Seleniten unsere Erde viel besser kennen, als wir selbst, weil sie uns auch zu nahe steht.

§. 129. (Wie dem Monde die Erde erscheint.) Wir haben bereits oben (I. §. 164) von den Lichtabwechslungen gesprochen, welche die Erde dem Monde zeigt und die ganz denjenigen ähnlich sind, welche wir selbst an dem Monde bemerken, nur mit dem Unterschiede, daß jene den Mondsbewohnern in einem viel größeren Maaßstabe erscheinen, da ihnen die Erdscheibe dreizehnmal größer vorkömmt, als uns die Scheibe des Mondes. Wenn wir Neumond haben und daher nur die dunkle Seite des Mondes, also eigentlich den Mond gar nicht sehen, weil er in A (Fig. 26) zwischen uns und der Sonne steht, so sehen dafür die Bewohner der uns zugekehrten Seite des Mondes die Erde T als eine runde und ganz beleuchtete Scheibe, oder sie haben, wenn man so sagen darf, Vollerde, während wir Neumond haben. Wenn aber der Mond zwei Wochen später nach C kömmt, und für uns der Sonne gerade gegenüber steht, so sehen wir seine ganze beleuchtete Scheibe, während die Bewohner der uns zugekehrten Hälfte des Mondes von der Erde T

Digitized by Google

nur die von der Sonne abgewendete oder dunkle Seite der Erde sehen, oder die Mondsbewohner haben Neuerde, während wir Vollmond haben. Wenn nun diese Seleniten so gute Augen haben, wie wir, so werden sie nicht nur diese Lichtphase, sondern auch die verschiedenen Flecken bemerken, welche auf der Oberfläche unserer Erde von dem Festlande, den Inseln und den verschiedenen Meeren derselben gebildet werden, und die sich ohne Zweifel durch ihre Farben sowohl, als auch durch die verschiedene Intensität der Reflexion der Sonnenstrahlen unterscheiden. So werden sie, wenn es bei uns Mittag und Neumond ist, Europa, Asien und Afrika als eine zusammenhängende hellere Masse erblicken, die auf allen Seiten von einer dunklen, ebenen Fläche, dem Meere, umgeben ist. Nach zwölf unserer Stunden aber sehen sie auf der großen Erdscheibe beinahe die ganze Scene geändert. Denn nun ist die sogenannte alte Welt für sie verschwunden, und dafür liegt Amerika mit den vielen Inseln des Südmeeres vor ihren Blicken. Auf diese Weise haben die Bewohner des Mondes, und nicht bloß die Gelehrten unter ihnen, ohne Zweifel schon vor Jahrtausenden und zwar auf den ersten Blick gesehen, worüber sich unsere Geographen und Astronomen so lange gestritten haben, daß nämlich die Erde an ihren beiden Polen abgeplattet ist. Amerika war ihnen lange vor Columbus, und Australien lange vor Cook schon bekannt, und die bei uns noch immer nicht aufgelöste Frage von einer nordöstlichen Durchfahrt nach Ostindien oder von dem großen Lande am Südpol ist bei ihnen schon längst entschieden, da Jedermann, der nur eben Augen hat, alle diese Dinge in jedem Monate beinahe dreißigmal vor sich auf- und untergehen sieht. Die große Ueberschwemmung, von welcher wir nur mehr dunkle Sagen haben, obschon sie vielleicht das ganze damals bekannte Menschengeschlecht getroffen hat, haben sie ohne Zweifel eben so ruhig angesehen, als sie jetzt noch den Zug unserer Kriegsheere und das Gewühl unserer Schlachten betrachten, in denen sich unsere Brüder, oft ohne zu wissen, warum, in einer Stunde zu Tausenden morden. Eine Stadt wie Wien z. B., von 3000 W. Klaftern im Durchmesser, würde, vom Monde gesehen, unter dem Winkel von $3'/_2$ Sec. erscheinen. Mit einem Fernrohr, das nur 25 mal vergrößert, würde ihnen daher die Stelle, welche diese Stadt einnimmt, nahe eben so groß, als uns Uranus erscheinen. Ueberhaupt sehen wir eine Linie von 0.22 Meilen oder 5020 P. Fuß Länge auf der Oberfläche des Mondes, von der Erde betrachtet, unter dem Winkel von einer Secunde, daher wir Gegenstände im Monde, die bloß unsern einzelnen Häusern, Feldern ꝛc. gleichen, noch nicht deutlich sehen können. Der schöne, runde Fleck Plato im Monde, der zehn deutsche Meilen im Durchmesser hat, wird schon mit einem Fernrohr von zehnmaliger Vergrößerung, unter dem Winkel seines Durchmessers von 45 Sec. sehr deutlich gesehen. Mit einer Vergrößerung von 200 würde man in einem lichtstarken Fernrohre wohl schon Gegenstände im Monde erkennen, die eine halbe Meile im Durchmesser haben und daher unter dem Winkel von $2'/_{10}$ Sec. erscheinen. Es scheint daher keinem Zweifel unterworfen, daß die Seleniten, wenn sie anders den unseren ähnliche Augen haben, unsere großen Städte, Flüsse u. dgl. sehen können, und daß sie vielleicht im Großen viel richtigere Karten von unserer Erde besitzen, als alle unsere topographischen Bureaus zusammen genommen, die wahrscheinlich sehr in Verlegenheit kommen würden, wenn sie uns die genauen Karten von dem Innern Afrikas oder Neuhollands vorzeigen sollten.

Indem wir so gesehen haben, wie dem Monde die Erde erscheint, wollen wir auch einer besonderen Eigenheit der Erscheinung des Monds

Digitized by Google

für die Erde gedenken, die so einfach ist, daß sie auch dem gemeinsten Manne, bei einiger Aufmerksamkeit, nicht entgehen kann. — Wenn die Bahn des Monds genau in der Ebene der Ekliptik läge, so würde uns der Mond, zur Zeit seiner Culmination, nie höher, als die Sonne zu Mittag im Sommer, und nie tiefer, als die Sonne zu Mittag im Winter erscheinen. Allein die Mondsbahn ist gegen die Ekliptik um den Winkel von 5° 9′ geneigt, und die Knoten der Mondsbahn gehen in nahe 19 Jahren ganz um die Erde herum ꝛc. (I. §. 167). Daraus folgt sofort, daß der höchste und tiefste Stand des Monds im Meridian auch um 5° 9′ von dem höchsten und tiefsten Stand der Sonne im Mittag verschieden seyn kann. Während nämlich die nördliche oder südliche Declination der Sonne nie 23° 28′ übersteigt, kann die größte Declination des Monds bis auf 28° 37′ sich erheben und zu einer anderen Zeit wieder nur bis zu 18° 19′ gehen. Allein diese fünf Grade sind es wohl nicht, die dem gemeinen Manne besonders auffallen werden, und er wird daher immerhin noch ferner annehmen können, daß die Bahnen des Monds und der Sonne zusammenfallen, da auch in der That die eine Hälfte derselben 9½ Jahr über und eben so lange unter die Ekliptik fällt. — Allein das, was auch er schon öfter bemerkt hat, ist das, daß der Mond zur Zeit seines Vollmonds im Winter immer sehr hoch, und im Gegentheile im Sommer immer sehr niedrig im Meridian steht. Man sieht nämlich den Vollmond zur Zeit seiner Culmination im Winter immer da, wo man die Sonne im Sommer, und im Sommer immer dort, wo man die Sonne im Winter zu sehen pflegt. Diese auf den ersten Blick sehr auffallende Erscheinung erklärt sich aber offenbar ganz leicht aus der einfachen Bemerkung, daß der Mond, zur Zeit seines Vollichtes, der Sonne immer gerade gegenüber steht, und daß er also im Winter, zur Zeit des Vollmonds, in demjenigen Theile der Ekliptik sich aufhält, den die Sonne nur im Sommer einnimmt, und da dieser Theil der Ekliptik am höchsten über dem Aequator steht, so muß auch der Mond, zu jener Zeit, sehr hoch über dem Aequator, also auch sehr hoch über unserem Horizonte stehen. Im Sommer aber hat, zur Zeit des Vollmonds, das Gegentheil statt. In Wien z. B. ist die größte Höhe der Sonne im Sommer 65° 16′, und die kleinste im Winter 18° 20′. Also wird auch die Höhe des Monds, zur Zeit seines Vollichtes, im Winter auf 65° 16′ und im Sommer nur auf 18° 20′ steigen, ja wegen der oben erwähnten Neigung der Mondsbahnen gegen die Ekliptik kann die erste Höhe des Monds, im Winter, sogar auf 70° 25′ sich erheben, und die zweite im Sommer bis auf 13° 11′ herabsinken, und eine so große Differenz von mehr als 57 Graden wird auch wohl dem unaufmerksamsten Beobachter endlich auffallen müssen.

§. 130. (Tages- und Jahreszeiten auf dem Monde.) Ueber das sonderbare Verhältniß der Jahres- und Tageszeiten, das auf dem Monde herrscht, haben wir schon oben (I. §. 167) gesprochen. Wegen der äußerst geringen Schiefe seines Aequators gegen seine Bahn, von bloß 6°/₁₀ Graden, verschwindet der Unterschied der Jahreszeiten beinahe gänzlich, und die Sonne steht dort beinahe immer im Aequator oder im Zenithe der Bewohner dieses Aequators, daher auch alle übrigen Bewohner des Mondes, so lange sie ihren Ort auf der Oberfläche desselben nicht ändern, die Mittags-Sonne, im Sommer wie im Winter, immer sehr nahe in derselben Höhe über ihrem Horizonte bemerken, die Bewohner des Aequators in ihrem Scheitel, und die Polbewohner immerwährend in ihrem Horizonte, so daß also gleichsam dort ein ewiger Sommer und hier ein ewiger Winter herrscht, während in den Zwischengegenden ein immer-

Digitized by Google

dauernder Frühling seine Wohnung aufgeschlagen hat. Auch sind die Tage auf dem Monde beinahe durchaus den Nächten an Länge gleich, nicht wie bei uns im Sommer länger und im Winter kürzer. Solcher Orte, wie unsere Polarländer, denen die Sonne im Sommer lange Zeit nicht unter-, und im Winter nicht aufgeht, kann es im Monde nicht geben.

Die Temperatur auf der Oberfläche des Mondes ist übrigens nicht so gleichförmig vertheilt, wie auf der Erde. Bei uns werden die näher bei den Polen liegenden Gegenden in ihrem Sommer beträchtlich erwärmt, so wie auch die heiße Zone zur Zeit der Solstitien wegen des schiefen Standes der Sonne wieder etwas abgekühlt wird. Nicht so auf dem Monde, wo die den Polen näheren Orte die Sonne immerfort tief an ihrem Horizonte und die dem Aequator nahen Orte sie immer in ihrem Scheitel sehen, wo also der Sommer sowohl, als auch der Winter an bestimmte und unveränderliche Gegenden gebunden ist.

Noch mehr sind die Tageszeiten des Mondes von denen der Erde verschieden. Wir haben bereits oben (I. §. 168) gesagt, daß der Tag in weiterem Sinne des Wortes, d. h. die Zeit zwischen zwei nächsten Aufgängen der Sonne bei den Seleniten gleich dem Jahre derselben ist. In der Zeit von einem Neu- oder Vollmonde zum andern, d. h. in 29½ unserer Tage, bewegt sich der Mond, in Beziehung auf die Sonne, um die Erde und zugleich (I. §. 326) um seine Axe; jenes ist sein Jahr und dieß sein Tag. In dieser Zeit von 29½ Tagen werden nach und nach alle Theile des Mondes von der Sonne beschienen und jeder Ort auf demselben hat die Sonne ununterbrochen 14¾ Tage über und eben so lange unter seinem Horizonte. Klima und Erwärmung ist also auf diesem Himmelskörper sehr ungleich vertheilt, aber die Beleuchtung ist dafür desto gleichförmiger, und keine Zone sieht die Sonne längere Zeit, als die andere, da auf dem ganzen Monde Tag und Nacht beständig sehr nahe gleich sind und jede dieser Zeiten 14¾ unserer Tage dauert, so daß die Mondbürger in 29½ unserer Tage die Sonne und alle Sterne nur einmal auf- und untergehen sehen.

§. 131. (Wie auf dem Monde der Himmel erscheint.) Allein bei dieser zwar sehr langsamen, aber allgemeinen Umwälzung der Himmelskörper gibt es doch einen, der an dieser Bewegung keinen Theil nimmt, und in absoluter Ruhe am Himmel zu stehen scheint, und dieser Himmelskörper, scheinbar größer, als alle übrigen, selbst viel größer, als die Sonne, ist — unsere Erde. Da sich nämlich der Mond in derselben Zeit um die Erde bewegt, in welcher er sich um sich selbst dreht, und da der der Erde nächste Punkt seiner Oberfläche ihr auch immer der nächste bleibt, so daß er gleichsam, wie schon oben (I. §. 166) gesagt wurde, durch eine feste Stange unveränderlich mit uns verbunden ist, so folgt daraus, daß die Seleniten, so lange sie nur selbst ihren Ort auf dem Monde nicht ändern, unsere Erde immer in derselben Entfernung von ihrem Zenithe ruhig am Himmel stehen sehen. Die in der Mitte der uns sichtbaren Scheibe wohnenden Mondbürger sehen die Erde immer in ihrem Scheitel; die am Rande dieser Scheibe wohnenden sehen sie eben so immer in ihrem Horizonte; und die zwischen Rand und Mittelpunkt wohnenden endlich, sehen die Erde das ganze Jahr durch stets in derselben und zwar in einer um so größern Höhe über ihrem Horizonte, je näher sie selbst bei dem Mittelpunkt der uns sichtbaren Mondscheibe sich aufhalten. Sonne, Planeten und alle anderen Gestirne des Himmels gehen für den Mond alle 14 oder 15 unserer Tage einmal auf und unter, aber für die Erde hat weder Auf- noch Untergang statt. Diese Erde erscheint ihnen dreizehnmal größer, als uns der Mond, und

Digitized by Google

diese gewaltige Lichtscheibe steht für sie fest und unveränderlich am Himmel, während sich alle anderen Gestirne, selbst die Sonne, in 29½ unserer Tage um diese Scheibe zu bewegen und täglich dreizehn Grade sich von ihr gen West zu entfernen scheinen. Welch ein Anblick mag dieß für die Bewohner des Mondes gewähren! Man kann nicht weiter zweifeln, daß die Gelehrten im Monde, die gleich den unseren für alles sofort ihre Gründe haben, diese auffallende Erscheinung des Stillstandes eines, alle anderen Gestirne an Größe so weit übertreffenden Himmelskörpers, sehr scharfsinnig aus der dieser Größe selbst höchst angemessenen Trägheit ableiten, und daß eben so ihre Dichter, wenn sie das Lob der Faulheit singen, unsere Erde als Muster und als das erhabenste Ideal derselben aufstellen werden. Und wer wird es den frommen Gemüthern dieses Volkes verargen können, wenn sie dieses ungeheure Gestirn mit seinem auffallenden Lichtwechsel als den Abglanz der Gottheit verehren, die in ewiger Ruhe ihren festgegründeten Thron einnimmt, während alle andern Gestirne des Himmels, Sonne und Planeten nicht ausgenommen, in abgemessenen Bahnen ehrfurchtsvoll vor ihr vorüberziehen.

§. 132. (Bewohner der vorderen und hinteren Seite des Mondes.) Doch gilt dieß erhabene Schauspiel nur denjenigen Mondsbürgern, welche die vordere, gegen die Erde gewendete Hälfte des Mondes bewohnen. Die andern wissen nichts davon, da sie ewig von der Erde abgewendet sind und sie daher nie sehen können. Sie haben daher auch wohl keine Ahnung von den herrlichen Erscheinungen, welche ihre Nachbarn auf der andern Hälfte täglich und stündlich genießen, wenn sie nicht zuweilen von Reisenden, die aus jenen Gegenden zu ihnen kommen, davon Nachricht erhalten. Mit welchem Erstaunen mögen sie die Erzählungen derselben anhören, und mit welcher Andacht werden sie vielleicht in ganzen Karavanen ihre Wallfahrten nach den glücklichen Orten anstellen, wo ihnen der Anblick dieser Wunder des Himmels gegönnt ist. Diejenigen Seleniten, welche nahe an dem Rande der uns sichtbaren Scheibe wohnen, können diese Reise in kurzer Zeit vollenden, und die Genüsse, die sie erwarten, mögen die unserer sogenannten Reisen um die Welt wohl weit übertreffen.

Uebrigens haben diese glücklichen Bewohner der Vorderseite des Mondes noch einen andern nicht geringen Vortheil vor ihren Nachbarn auf der andern Seite voraus, und es scheint dort oben wie hier unten zu gehen, daß dem, der einmal im Vortheile ist, das Glück von allen Seiten zuzuströmen pflegt. Wir haben nämlich so eben gesehen, daß die Erde dem Monde ganz eben solche Lichtabwechslungen zeigt, wie der Mond uns, und daß die Bewohner des letzten die große Scheibe der ersten bald im Vollichte, bald in einem ihrer beiden Viertel, bald wieder im Neulichte sehen. Diese vier Phasen der Erde werden ihnen ohne Zweifel ein sehr bequemes Mittel geben, ihre langen Tage einzutheilen, so wie wir den Abwechslungen des Mondes unsere Wochen und Monate verdanken. Nebst dieser Eintheilung ihres Tages, oder was dasselbe ist, ihres Jahres in vier gleiche Theile, werden ihnen die großen Flecken der Erde, die sich regelmäßig ihren Blicken zeigen und wieder entziehen, als Mittel zu Unterabtheilungen jener Zeiten, als eine sehr genaue Uhr dienen. — Aber auch diesen Vortheil genießen nur diejenigen, welche die vordere, uns sichtbare Seite des Mondes bewohnen, so wie zugleich nur die Nächte dieser Hemisphäre von der Erde, wenn diese im Vollichte ist, beleuchtet, und zwar dreizehnmal stärker, als die Erde vom Vollmonde, beleuchtet werden, während die andere Hemisphäre, zu der-

Digitized by Google

selben Zeit sowohl das Licht der Sonne, als auch das der Erde völlig entbehren muß.

§. 133. (Berge des Mondes.) Mit unbewaffnetem Auge gesehen, erscheint uns der Mond als eine runde, ebene Scheibe, mit mehreren grauen Flecken bedeckt, die uns entweder ihr eigenes oder das von einem andern Körper erhaltene Licht, gleich einem Spiegel, zuwirft. Allein die Abwechslung seiner Lichtgestalten und die Abhängigkeit derselben von der Stellung des Mondes gegen die Sonne zeigt uns sehr bald, daß der Mond keine ebene Scheibe, sondern eine Kugel ist, und daß diese Kugel kein eigenes Licht hat, sondern dasselbe nur von der Sonne geborgt erhält. (Vergl. I. §. 163). Auch sieht man bald, daß die Oberfläche dieser Kugel nicht so glatt, wie die eines converen Spiegels seyn kann, weil sie sonst das Bild der Sonne nur von einem einzigen Punkte dieser Kugel zurückwerfen könnte und weil wir dann den Mond nur wie einen kleinen lichten Stern, aber nicht wie eine große beleuchtete Scheibe sehen würden. Diese Oberfläche des Mondes wird also rauh und vielleicht mit einer großen Menge von Unebenheiten, von Bergen und Thälern bedeckt seyn, von welchen jeder Theil für sich als ein kleiner Spiegel betrachtet werden muß, der sein Licht nach irgend einer Seite hin versendet, und die alle zusammen die Ursache sind, daß wir den ganzen Mond so sehen, wie er uns in der That erscheint. Wir werden sogleich sehen, daß schon sehr mittelmäßige Fernröhre uns von dem Daseyn dieser Berge und Thäler vollkommen überzeugen.

Da nun aber unsere Erde, wie allgemein bekannt, ebenfalls eine Kugel und da ihre Oberfläche auch mit Unebenheiten aller Art bedeckt ist, so ist kein Zweifel, daß die Erde den Bewohnern des Mondes eben so, wie der Mond uns, als eine beleuchtete Scheibe, erscheinen wird. Mit Unrecht haben wir daher bisher unsere Erde als einen rauhen, dunklen Kloß von Erde angesehen, während wir die so hell leuchtenden Planeten und andere Himmelskörper, ihrer Schönheit wegen, für ganz andere und höhere Wesen zu halten, durch diesen Irrthum veranlaßt worden sind. Auch hier hing also, wie in so vielen anderen Dingen, unser Urtheil nur von unserer Stellung und von der Art ab, wie wir die Dinge um uns ansehen. Wer zwischen der Erde und dem Monde mitten inne stände, würde den rechten Standpunkt einnehmen, aus welchem er beide Körper gleich vortheilhaft und gleich richtig beurtheilen könnte.

Daß die grauen Flecken, die wir in dem Monde bemerken, in der That Berge und Thäler sind, lehrt uns schon der erste Blick, den wir durch ein Fernrohr auf denselben werfen. Der bloße Anblick dieser Gegenstände selbst läßt weiter keinen Zweifel über jene Voraussetzung entstehen, und die Schatten, welche sie werfen, überzeugen uns vollkommen von der Richtigkeit derselben. Diese nicht weiter zu verkennenden Schatten stehen nämlich immer auf der der Sonne gegenüber liegenden Seite, und sie sind auch immer desto länger, je höher entweder diese Berge selbst sind, oder je tiefer für sie die Sonne an dem Horizonte derselben steht. An der Lichtgränze, wo die helle Phase des Mondes sich von der dunklen scheidet, liegen alle die Orte, denen die Sonne eben auf- oder untergeht, und eben hier sind auch die Schatten, welche die Gipfel der Berge, so wie diejenigen, welche die hohen Wälle der Thäler in ihre Höhlungen werfen, durchaus die längsten. Im Gegentheile werden diese Schatten für alle Orte immer kürzer, je tiefer diese Orte selbst in der Lichtseite liegen, weil für sie der Tag schon längst angefangen und die Sonne schon eine größere Höhe über ihrem Horizonte erreicht hat. Zur Zeit des Vollmondes endlich, wo die Bewohner der Mitte der

Digitized by Google

jetzt ganz beleuchteten Scheibe eben Mittag und daher die Sonne in ihrem Zenithe haben, bemerkt man von diesen Schatten beinahe keine Spur mehr, so wenig, als man sie in unserer heißen Zone bei allen senkrechten Gegenständen in dem Mittage desjenigen Tages bemerkt, an welchem die Sonne in dem Scheitel dieser Gegenstände steht. Aus dieser Ursache ist auch die beste Zeit der Beobachtung, die Zeit, wo man den Mond in seinem günstigsten und auffallendsten Lichte sieht, keineswegs der Vollmond, sondern vielmehr die Tage kurz vor und nach dem Neumonde, wo er nur als ein feiner Silberfaden oder als eine schmale Sichel am Himmel steht und wo die Schatten seiner Berge und Schluchten am deutlichsten und grellsten erscheinen. Ueber die Benennungen dieser Berge und Thäler, wie sie von verschiedenen Astronomen vorgeschlagen wurden, haben wir bereits oben (§. 61) einige Nachrichten mitgetheilt. Für das nun Folgende ersuchen wir die Leser, die Mondkarte (Fig. 65) aufzuschlagen.

§. 134. (Nähere Beschreibung der Mondsberge.) Bemerken wir zuerst von diesen Bergen die wahrhaft ungeheure Höhe derselben. Der Chimborasso, der sonst immer als der höchste Berg der Erde angegeben wurde, hat eine Höhe von 19320 Par. Fuß über der Meeresfläche und beträgt daher nur den 1017ten Theil des Erdhalbmessers. Der Dhawalagiri im Himalaja-Gebirge soll 24150 Par. Fuß Höhe haben, und würde daher den 812ten Theil des Halbmessers der Erde betragen. Ein Globus, auf welchem der letzte Berg in der Höhe eines Zolles erscheinen sollte, müßte daher gegen 180 Fuß im Durchmesser haben. Allein Schröter hat Berge im Mond gefunden, deren Höhe 25000 Par. Fuß beträgt, die also, da der so viel kleinere Mond nur einen Halbmesser von 233 Meilen hat, im Verhältniß zu diesem Halbmesser nur den 214ten Theil desselben betragen, d. h. mit andern Worten: die Berge im Mond sind verhältnißmäßig zu der Größe desselben viermal höher, als die Berge auf der Erde. Welche Naturkraft hat diese großen Massen auf dem Monde bis zu dieser entsetzlichen Höhe aufgethürmt!

Hier folgen einige der höchsten Berge des Mondes, die beinahe sämmtlich, wie bei der Erde und den andern Planeten, auf der südlichen Hemisphäre angetroffen werden. Nach Schröter's Messungen beträgt die Höhe von

Purbach . . .	10200 Par. Fuß		Bradley . . .	14600 Par. Fuß	
Wolff	11400 „	„	Huyghens . .	19800 „	„
Hadley . . .	12600 „	„	Dörfel	25000 „	„
Montblanc . .	13200 „	„	Leibnitz . . .	25200 „	„

Von den zwei höchsten Bergen liegt Leibnitz nahe am südlichen Mondrande, zwanzig Grade über Maginus, und Dörfel liegt nahe in derselben Breite mit Leibnitz, aber drei Grade westlicher.

Aber auch die Höhlen und Klüfte, deren viele kraterähnlich scheinen, sind oft von ganz außerordentlicher Größe und Tiefe. Von den folgenden Zahlen gibt die erste die Tiefe in Par. Fuß und die zweite den Durchmesser der obersten Oeffnung in geogr. Meilen.

Lambert, Euler, Autolycus	9000 Fuß	und	2½ Meilen
Eudox, Pytheas	11000 „	„	7 „
Helicon	13000 „	„	4 „
Bernoulli	18000 „	„	3½ „

Solche Berge und Höhlen sieht man auch zuweilen, mit guten Fernröhren, an dem beleuchteten Mondrande, nicht bloß in der Lichtgränze, besonders bei Sonnenfinsternissen, wo der dunkle Mond auf dem hellen Hin-

Digitized by Google

tergrunde der Sonne sehr deutlich erscheint. Bei einer solchen Gelegenheit will der spanische Admiral Don Ulloa i. J. 1778 ein Loch gesehen haben, das gleich einem Kanal durch den ganzen Mond ging, so daß man durch dasselbe die Sonne durchscheinen sah. Allein Schröter erklärt dieses vermeintliche Loch durch eine jener Höhlen am Mondrande, durch welches die Sonne, bei ihrem Austritte aus der totalen Verfinsterung, zuerst wieder als ein kleiner heller Punkt sichtbar geworden ist, so daß also Ulloa's Wahrnehmung auf einer optischen Täuschung beruht.

Wir werden weiter unten sehen, daß die Masse des Mondes nahe den 70sten Theil der Erdmasse beträgt, und daß die Körper auf der Oberfläche desselben in der ersten Secunde nur durch $2^{1}/_{5}$ Fuß, also nahe fünfmal weniger tief fallen, als auf der Erde; daß also auch die Schwere oder die Kraft, mit welcher der Mond alle Körper auf seiner Oberfläche an sich zieht, nur den fünften Theil von der Schwere der Erde beträgt. Daraus folgt, daß unser Schießpulver, auf den Mond gebracht, daselbst viel größere Schußweiten, als bei uns, erzeugen würde. Auf der Erde würde eine Kanonenkugel, die mit einer anfänglichen Geschwindigkeit von 800 Fuß in einer Secunde senkrecht in die Höhe geschossen wird, etwa 26 Secunden steigen, und eine Höhe von 10600 Fuß erreichen, eh' sie wieder anfängt, zur Erde zurückzukehren. Auf dem Mond aber würde sie mit derselben anfänglichen Geschwindigkeit durch volle 160 Secunden aufsteigen und eine Höhe von 64000 Fuß erreichen, wenn man den Widerstand der Luft u. dgl. hier außer Acht läßt. Wenn daher im Innern des Mondes eben solche Kräfte, elastische Dämpfe u. dgl. wirken, wie in der Erde, und wenn die Cohäsionskräfte der Körper dieser beiden Gestirne nahe dieselben sind, so werden diese Kräfte auch dort viel größere Wirkungen hervorbringen, wo die gegenwirkende Kraft der Schwere so viel kleiner ist, und jene hohen Gebirge sind vielleicht eine unmittelbare Folge dieser Kräfte.

§. 135. (Zwei Gattungen von Mondsbergen.) Diese Mondsgebirge sind im Allgemeinen zweierlei Art, nämlich Ringgebirge und Bergketten. Die Ringgebirge haben meistens die Gestalt von oft sehr regelmäßigen, kreisförmigen, ausgetrockneten Teichen, die rings mit einem hohen Walle umgeben sind, oft viele Quadratmeilen große Flächen einschließen und in der Mitte dieser Fläche gewöhnlich einen isolirten kegelförmigen Berg haben. Zwei solche Ringgebirge sieht man in der erwähnten Karte unter den Namen Plato und Eudoxus an der nördlichen oder untern Seite derselben, denn die Zeichnung stellt den Mond in verkehrter Lage dar, wie er durch ein astronomisches Fernrohr erscheint. — Die Bergketten laufen gewöhnlich von sehr hohen Bergrücken aus, von denen sie sich wie Lichtstrahlen nach allen Seiten oft auf große Weiten ausbreiten. Solche sieht man auf der Karte bei Kepler und Copernicus auf der Ostseite, besonders bei dem letzten, von dem vier große Streifen gegen Norden herab ziehen, nebst mehreren kleineren, die in der Karte nicht verzeichnet werden konnten. Häufig ist der Mittelpunkt oder der Kern dieser Bergketten selbst wieder ein hohes Ringgebirg. Doch sieht man auch andere Bergzüge oder Ringgebirge, wie z. B. das sehr große, welches auf der Westseite von Eratosthenes, Autolycus, Aristipp und Cassini hinzieht und östlich von Eudox endet.

In manchen Gegenden des Mondes findet man wieder eine Menge einzelner Bergkegel verstreut, die sich isolirt und schroff aus der sie umgebenden Ebene erheben. An andern Stellen sieht man wieder Vertiefungen, die nach Art der Flüsse oder der Straßen, bei geringer Breite und Tiefe, oft viele Meilen weit fortlaufen, an mehreren Stellen mit

Digitized by Google

Gruben oder Einsenkungen versehen sind, und meistens zwei oder mehrere Ringgebirge zu verbinden scheinen.

Endlich muß man noch die großen, meist grau gefärbten Flecken bemerken, in welchen sich nur geringe Unebenheiten, oder keine Berge finden und die man mit den Namen der Meere bezeichnet hat, wie das Mare nubium, imbrium, nectaris u. s. w.

§. 136. (Ringgebirge des Mondes.) Die Ringgebirge, von denen wir auf unserer Erde wenig Aehnliches aufzuweisen haben, sind in sehr großer Anzahl auf dem Monde zu finden und scheinen durchaus vulkanischen Ursprungs zu seyn. Die Revolutionen, durch die sie erzeugt worden sind, müssen von der heftigsten Art gewesen seyn. Der eigentliche Kern des Copernicus ist ein solches Ringgebirge, dessen Inneres ganz das Aussehen eines Kraters hat, und der Krater dieses nun schon vielleicht seit Jahrtausenden erloschenen Vulkans hat sieben Meilen im Durchmesser, während der Krater des Aetna in Sicilien nur 4000 Fuß oder $^1/_2$ Meile im Durchmesser hat. Die Flächen und Thäler, welche diese Ringgebirge einschließen, haben öfter eine Ausdehnung von vier bis fünfhundert Quadratmeilen. Die von den Wallgebirgen eingeschlossenen Räume sind als Einsenkungen unter der Kugelfläche des Mondes, als leere, trockene Kraterbecken zu betrachten, die weiter keine Aehnlichkeit mit unseren von Bergrücken eingeschlossenen Ländern, wie z. B. Böhmen u. dgl. haben, und deren Tiefe, nach Schröters Messungen, oft bis zu 18000 Fuß geht, die also zuweilen so tief sind, als unser Chimborasso hoch ist. Einen solchen Krater findet man z. B. bei Cleomedes, an der Nordseite des Mare Crisium, nahe an dem westlichen Rande der Karte; er hat $3^1/_2$ Meilen in seinem obersten Durchmesser und über 15000 Fuß Tiefe. Welch' ein Anblick für ein menschliches Auge, in einen Kessel von $3^1/_2$ Meilen im Durchmesser und von der Tiefe unserer höchsten Berge hinab zu schauen.

Die Ringgebirge, welche diese Krater umgeben, haben das Merkwürdige, daß die Masse dieser Berge immer sehr nahe so groß ist, als eben hinreichen würde, den Krater auszufüllen, den sie umgeben. Schröter hat sich Modelle von diesen Gegenständen gemacht, und diese Bemerkung durch Messung immer bestätigt gefunden. Dieser Ring scheint daher dieselbe Masse zu seyn, die den Krater vor seiner Entstehung ausgefüllt hat, zum Zeichen, daß diese Krater, womit die Oberfläche des Mondes gleichsam übersäet ist, nicht durch Einsturz, sondern durch Eruption entstanden sind. Auch scheint daraus zu folgen, daß die durch innere Gährung an die Oberfläche geschleuderte Masse des Mondes zu jener Zeit sich in keinem flüssigen Zustande befunden hat, weil sie nicht, wie die Lava unserer Vulkane, am Rande des Kraters stromartig abgeflossen ist, sondern nur in der Nähe der Oeffnung sich rings um dieselbe wallförmig angelegt hat. Uebrigens zeigt das Innere dieser ungeheuern Höhlungen, mit starken Fernröhren betrachtet, ganz denselben vulkanischen Charakter, wie man ihn bei unserm Vesuv und auf der Karte der Campi Phlegraei von Breislak, oder auf der Karte des Puy de Dôme von Desmaret sieht, ja in einigen dieser Krater bemerkt man sogar mit sehr guten Fernröhren deutliche Spuren von vulkanischen Stratificationen, die von einander nachgefolgten Auswürfen entstanden sind und sich so schichtenweise über einander gelagert haben.

§. 137. (Streifen des Mondes.) Die bereits erwähnten Streifen, welche diese Ringgebirge, nach Art unserer Straßen zu verbinden scheinen, sind gewiß keine Flüsse, wie man früher wohl geglaubt hat. Denn abgesehen, daß es auf dem Monde an Flüssigkeiten aller Art zu fehlen

Digitized by Google

scheint, bemerkt man auch keine Seitenadern derselben, durch welche sie Zufluß erhalten könnten, aber wohl oft tiefe Abgründe, durch welche sie ungehindert ziehen, und in welchen man wieder nichts als Unebenheiten, aber nichts unserem, an seiner Oberfläche immer ebenen, Wasser Aehnliches bemerkt. Ja diese Straßen gehen nicht nur über jene Abgründe und Schluchten, sondern oft selbst mitten durch die großen Krater der Vulkane; sie durchbrechen zuweilen ganze Systeme von Gebirgen, um auf der entgegengesetzten Seite derselben ihren Gang wieder ungestört und in der alten Richtung fortzusetzen. Vielleicht sind sie seit Jahrtausenden ausgetrocknete Flußbette oder Kanäle, durch welche jene Vulkane ehemals in Verbindung standen.

§. 138. (Vulkane auf dem Monde.) Daß wenigstens einige dieser Vulkane selbst jetzt noch thätig sind, scheinen die Beobachtungen Schröters und anderer Astronomen zu bestätigen. Halley und Herschel will Blitze auf dem Monde gesehen haben. Bianchini sah ein vorübergehendes Licht im Flecken des Plato, welches er durch Sonnenstrahlen zu erklären sucht, die durch das Loch des Felsens in der Seitenwand des Fleckens eingefallen sind. Der ältere Herschel sah auf dem nicht beleuchteten Theile des Mondes einen hellleuchtenden Punkt, den er für das Feuer eines Vulkans zu halten sich veranlaßt fand. Schröter fand i. J. 1788 bei dem Flecken Hevelius (am östlichen Rande der Karte) einen $1^1/_2$ Meilen im Durchmesser haltenden neuen Krater, von dem er fest überzeugt war, daß er im verflossenen Jahre, wo er diese Gegend auf das Genaueste untersucht hatte, noch nicht vorhanden war. In dem Mare Crisium (NW Rand der Karte) fand er einen Berg, den er mehrmals auf das Genaueste beobachtet und gezeichnet hatte, und der ihm immer als länglich erschienen war, plötzlich und mit ausnehmender Deutlichkeit vollkommen rund und auf seinem Gipfel mit einem, drei Viertheile einer Meile im Durchmesser haltenden tiefen Krater versehen, von welchem er früher auch nicht die geringste Spur entdecken konnte. Das Merkwürdigste dabei war, daß dieser runde Berg mit seinem Krater nach einem Monate wieder verschwand, um dem alten länglichen Berg ohne Krater seine vorige Stelle einzuräumen.

§. 139. (Wie die Höhe der Mondsberge gemessen wird.) Ehe wir diese sonderbaren Berge des Mondes gänzlich verlassen, wird es den Lesern nicht unangenehm seyn, zu erfahren, auf welche Weise man die Höhe derselben gemessen hat.

Wenn diese Berge genau an dem Rande der uns sichtbaren Mondsscheibe stehen, so wird man mit dem gewöhnlichen Instrumente, mit welchem die Astronomen überhaupt alle sehr kleinen Distanzen messen, mit dem sogenannten Mikrometer auch das Verhältniß ihrer Höhe zu dem Halbmesser des Mondes bestimmen können. Gesetzt, man hätte eine solche Erhöhung, oder auch, bei den Thälern des Mondes, eine solche Vertiefung, einen Einschnitt des Mondrandes, gleich dem hundertsten Theil des Halbmessers desselben gefunden, so weiß man auch sofort, daß die Höhe oder Tiefe desselben $2^3/_{10}$ Meilen beträgt, weil der Halbmesser des Mondes 230 Meilen hat. In der That sieht man diesen Rand des Mondes, nicht ganz glatt, sondern an mehreren Stellen wie ausgezackt, was nur von diesen Bergen oder Schluchten kommen kann. Wir werden weiter unten (III. §. 117) sehen, daß der Mond nicht ganz genau immer dieselbe Seite der Erde zuwendet, sondern daß der Rand der uns sichtbaren Scheibe sich öfter um nahe acht Grade, aus dem Mittelpunkte der Erde gesehen, verschieben kann, daher zuweilen Berge oder Thäler in diesen Rand treten, die früher nicht sichtbar waren. Besonders gut

Digitized by Google

anwendbar wird diese Methode zur Zeit der Sonnenfinsternisse seyn, wo die schwarze Scheibe des Mondes mit ihren Zacken auf dem hellen Hintergrunde der Sonne sehr gut gesehen und mit aller Schärfe gemessen werden kann.

Ein zweites Mittel, die Höhe dieser Berge zu messen, erstreckt sich auf alle uns sichtbaren Orte des Mondes, nicht bloß auf die Punkte, welche in dem Rande desselben liegen. Wer auch nur einmal den Mond mit einem mäßigen Fernrohre angesehen hat, wird bemerkt haben, daß man nahe an der Lichtgränze, die meistens, eben ihrer Berge wegen, sehr ausgezackt und unregelmäßig erscheint, in dem dunkeln Theile des Mondes viele isolirte, hellglänzende Punkte sieht, die gleich den Inseln auf dem Meere oder gleich den Thautropfen auf den von der Sonne beschienenen Blumen hervortreten. Man überzeugt sich bald, daß diese lichten Punkte nichts anderes, als Bergspitzel sind, die von der aufgehenden Sonne beschienen werden, zu einer Zeit, wo der Fuß dieser Berge noch in dem Schatten der Nacht ruht, wie wir dieß auch auf unserer Erde kurz vor dem Aufgange oder bald nach dem Untergange der Sonne bemerken. Man sieht aber leicht, daß diese Berge desto höher seyn werden, je weiter ihre von der Sonne vergoldeten Gipfel von der Lichtgränze entfernt, oder je tiefer sie in der Nachtseite des Mondes versenkt seyn werden, so daß man also aus dieser Entfernung von der Lichtgränze auch wieder rückwärts, auf die Höhe dieser Berge, wird schließen können.

Eine dritte Methode, die Höhe der Mondsberge zu messen, wird uns durch eine andere, noch bekanntere Erfahrung gegeben, die wir auf unserer Erde täglich zu machen Gelegenheit haben. Wer weiß nicht, daß die Schatten unserer Thürme und Berge Mittags, wo die Sonne am höchsten steht, am kürzesten und im Gegentheile beim Auf- oder Untergange der Sonne am längsten sind, und daß diese Schatten vor dem Mittage gegen Westen und nach demselben gegen Osten gerichtet sind. Ganz eben so sehen wir auch die Schatten der Berge des Mondes während der Zeit seines dreißigtägigen Tages hin und wieder ziehen, beim zunehmenden Mond links und beim abnehmenden rechts fallen, und zugleich immer länger werden, je näher ihnen die Lichtgränze kömmt, da diese Gränze alle die Punkte des Mondes enthält, denen die Sonne eben auf- und untergeht. Wir haben aber bereits oben (I. §. 62) gesehen, wie man auf der Erde aus der bekannten Höhe der Sonne und der Länge des Schattens eines Thurmes die Höhe des letzten finden kann. Ist nämlich in der dort angeführten Fig. 9, AB der Thurm und AC die Länge seines Schattens auf dem horizontalen Boden, so ist die Linie CB, über B hin verlängert, nach der Sonne gerichtet, und der Winkel ACB ist die Höhe der Sonne (Einl. §. 10), die man mit Hülfe eines Quadranten (I. §. 43) leicht messen kann, während man die Länge AC des Schattens auf die gewöhnliche Weise mit einem Maaßstabe bestimmt. Kennt man aber in einem bei A rechtwinkligen Dreiecke ABC eine Seite AC mit ihrem anliegenden Winkel ACB, so findet man daraus leicht (I. §. 62) auch die diesem Winkel gegenüberstehende Seite AB oder die gesuchte Höhe des Thurmes. Ganz dasselbe Verfahren wird man nun auch auf die Berge des Mondes anwenden, deren Schattenlänge man mit dem Mikrometer messen kann, und wo die Höhe der Sonne über dem Horizonte des Berges ebenfalls bekannt ist, da sie immer gleich der Entfernung des Berges von der Lichtgränze seyn muß.

§. 140. (Atmosphäre und Wasser auf dem Monde.) Der Mond scheint keine, oder auch nur eine äußerst feine Atmosphäre zu haben. Die Lichtgränze desselben ist scharf abgeschnitten und das hellste Licht der einen

Digitized by Google

Seite geht unmittelbar in das tiefste Dunkel der andern über, während unsere Fernröhre doch bei viel entfernteren Himmelskörpern, besonders bei der Venus, eine deutliche Abstufung des Lichts an dieser Gränze zeigen. Dieß setzt eine das Licht sehr wenig brechende, also auch wohl sehr wenig dichte Luft voraus. Dasselbe folgt auch aus den Bedeckungen der Fixsterne von dem Monde, die erst in seiner größten Nähe schwächer werden und ihr Licht nur allmählig verlieren, und die mit ganz ungetrübtem Glanze bis beinahe an seinen Rand hintreten und dann urplötzlich hinter demselben verschwinden, zum Zeichen, daß selbst die dem Monde nächsten und dichtesten Schichten seiner Atmosphäre, wenn diese überhaupt existirt, so fein und durchsichtig sind, daß sie mit denen unserer Luft nicht weiter verglichen werden können. Indeß will doch Schröter zuweilen Spuren einer äußerst schwachen Dämmerung, besonders zur Zeit des Neumondes an den sogenannten Hörnerspitzen des Mondes, bemerkt haben. Er fand daraus die Höhe der Atmosphäre des Mondes zu $^1/_5$ einer geogr. Meile, während unsere, das Licht noch merklich brechende Luft 8 bis 10 Meilen über die Erde sich erhebt. Wo aber keine Atmosphäre ist, läßt sich auch kein Wasser oder eine demselben ähnliche Flüssigkeit annehmen. Wenn der Erde ihre Luft entzogen würde, so würden die Flüsse und Meere derselben in kurzer Zeit verdünsten und die ganze Erde austrocknen. In der That können wir auch auf der Oberfläche des Mondes nichts bemerken, was diesen unseren irdischen Wasserbehältern ähnlich wäre. Schröter behauptet, auf dem ganzen Monde auch nicht eine Stelle von einiger Ausdehnung gesehen zu haben, die auf ihrer Oberfläche ganz eben wäre, wie die des Wassers seyn müßte. Die großen, grauen Stellen des Mondes, die man mit den Namen der Meere belegt hat, sind voll kleiner Erhabenheiten und Vertiefungen und können durchaus nicht mit unsern Seen und Meeren verglichen werden. Indeß behauptet der jüngere Herschel, mit den großen Teleskopen seines Vaters mehrere vollkommen ebene Stellen daselbst gefunden zu haben, die er zwar nicht für Wasserflächen hält, die aber doch ganz den Charakter der Alluviation tragen sollen. Es ist in der That nicht wahrscheinlich, daß dieser Himmelskörper immer ohne Atmosphäre gewesen ist. Die großen Revolutionen, die in der Vorzeit auf seiner Oberfläche Statt gehabt haben, setzen die Wirkungen des Feuers und diese wieder die Luft voraus, wenigstens eine feine Luft, ohne welche unser Feuer nicht bestehen könnte.

Für diesen Mangel an Flüssigkeit jeder Art spricht auch schon der bloße Anblick des Mondes. Er erscheint uns wie ein trockener Gyps- oder Schwefel-Guß mit unzähligen Blasen und Höhlungen, mit Bergen und Thälern bedeckt, die von großen und heftigen Erschütterungen zeugen, welche der Mond in der Vorzeit erlitten hat. Schröter ist der Ansicht, daß alle diese Zerstörungen, die man auf der Oberfläche des Mondes bemerkt, durch eine nicht ganz vollführte Eruption oder durch eine bloße Aufschwellung seiner Oberfläche entstanden sind. Das elastische Fluidum in seinem Innern drängte gegen die Oberfläche und verursachte dadurch an einzelnen Stellen jene Anschwellungen und wo sie stark genug war, auch eine Eruption, wodurch dann die Krater und Wallgebirge entstanden. Es scheint, daß zur Zeit jener Katastrophe der ganze Körper des Mondes nicht mehr eine weiche, sondern mehr schon eine feste Masse gewesen, und daß wenigstens ein Theil dieser aufgeworfenen Masse in eine Art von Schmelzung übergegangen sey. Was dergleichen Schmelzungen oder Verglasungen, wenn man so sagen darf, noch wahrscheinlicher macht, ist die gänzliche Unmöglichkeit, allen den seltsamen Far-

Digitized by Google

benwechsel, der auf dem Monde Statt hat, zu erklären, ohne wenigstens hie und da spiegelähnliche Flächen anzunehmen. Immer scheint das ganze mehr vulkanischen, als neptunischen Ursprungs zu seyn, wofür schon der Anblick des Mondes und selbst die oben erwähnten Kegel in der Mitte der Ringgebirge sprechen, da sie wohl nichts anderes sind, als neue Versuche jener innern elastischen Kraft, noch mehr Masse auszuwerfen, wie man denn diese Kegel selbst in den großen Kratern, ganz so wie bei unseren Vulkanen, findet. Es ist möglich, es ist sogar sehr wahrscheinlich, daß dieser Himmelskörper, dem es jetzt an Luft und Wasser fehlt, seit jener großen Revolution nur mehr ein trockenes, nacktes Felsengerippe ist, auf welchem vielleicht weder Vegetation, noch Leben, noch irgend eine Bewegung, sondern nur ewige Ruhe und Grabesstille herrscht, und daß daher der Mond entweder sich selbst überlebt hat und nun als unbrauchbarer Schlacken aus der Reihe bewohnbarer Welten herausgetreten ist, oder daß er in einer Art von Verpuppung seinem neuen, bessern Leben, seiner Auferstehung entgegen schlummert.

§. 141. (Topographie des Mondes.) Schon gleich nach der Erfindung der Fernröhre, im Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts, bemühten sich Galilei, Scheiner und Schirläus, ein Bild der Oberfläche dieses Gestirns in einer Zeichnung zu entwerfen. Aber diese ersten und unvollkommenen Versuche blieben weit hinter denjenigen Zeichnungen der Oberfläche des Mondes zurück, die Hevel in seiner Selenographia i. J. 1640 herausgegeben hat. Selbst die i. J. 1651 von Riccioli in seinem Almagestum novum mitgetheilte Karte ist weit unter jener von Hevel. Aber die von Dominic Cassini i. J. 1680 herausgegebene Mondkarte, im Durchmesser von 20 Zollen, übertraf alle ihre Vorgänger, da sie nicht nur, wie jene, ein getreues Bild der einzelnen Mondesflecken, sondern auch zugleich die gegenseitige Lage derselben zu geben bemüht war. Eine eigentlich wissenschaftliche, auf wahre Beobachtungen gegründete Lage dieser Flecken gegen den ersten Meridian und den Aequator des Mondes, wurde erst i. J. 1748 von Tobias Mayer ausgeführt, dessen Karte, von 7½ Zoll im Durchmesser, Lichtenberg zu Göttingen i. J. 1775, nach Mayer's Tode, herausgegeben hat. Diese Karte ist sehr nahe dieselbe, welche dem gegenwärtigen Werke beigefügt ist, und sie war noch vor kurzer Zeit die einzige, deren sich alle Astronomen zu bedienen pflegten. Da man die von Mayer gegebenen Bestimmungen für hinlänglich genau hielt, so beschäftigte man sich mehr mit der detaillirten Bestimmung der Configuration einzelner Flecken, und darin zeichnete sich vorzüglich Schröter in Lilienthal aus, der die Zeichnungen und Beschreibungen aller Mondesflächen in seinen „selenotopographischen Fragmenten" — Göttingen 1791, zwei Bände 4to — mit seltener Genauigkeit bekannt gemacht hat. Nach ihm erschien die „Topographie der Mondoberfläche" von Lohrmann (Leipzig 1824), welche die von Schröter noch an Präcision übertrifft, aber noch unvollendet ist. In dem Jahre 1832 endlich begannen Mädler und Beer in Berlin eine auf umständliche und höchst genaue Mikrometermessungen gegründete Mondeskarte von drei Par. Fuß im Durchmesser, die ihrer Vollendung rasch entgegengeht. Die drei letztgenannten Arbeiten werden auf längere Zeit das Vorzüglichste ausmachen, was wir zur Kenntniß der Oberfläche unseres Satelliten besitzen. Für die Ausbildung einzelner Theile dieser Oberfläche hat auch Gruithuisen Beiträge geliefert, die an Präcision und Aehnlichkeit der Darstellung selbst die von Schröter gegebenen oft übertreffen.

Da es einem Werke dieser Art angemessen erscheint, das, was oben über die Berge und Thäler des Mondes gesagt worden ist, durch Zeich-

Digitized by Google

nungen zu erläutern, so wollen wir hier von den genannten Karten einige Parthien mittheilen.

Die Zeichnung (Fig. 66) ist aus Lohrmann's Werk genommen, wo sie einen Theil der dritten Karte ausmacht. Es stellt die südwestliche Gegend des Mare serenitatis vor, und man sieht darin, zur Vergleichung mit unserer Generalkarte, die drei Flecken Plinius, Vitruv und Maraldi, aber auch noch eine große Anzahl anderer Figuren, deren Bedeutung wir nun, nach dem Verfasser, näher angeben wollen. — Die Grube A hat ihren größten Durchmesser von nahe 2 Meilen, während die sie in größerer Entfernung umgebende Einfassung einen Durchmesser (4.a) von 10 Meilen hat. Die senkrechte Tiefe der Grube A beträgt 5314 Fuß Par. Maaß *), oder nahe 0.23 geogr. Meilen, deren jede 22842 Par. Fuß enthält, so daß man nur alle hier folgenden Angaben in Par. Fuß durch 0.0000438 multipliciren darf, um sie in geogr. Meilen zu erhalten. Nordöstlich liegt in dieser Einfassung eine runde, an einer Seite offene Vertiefung (4), aus welcher eine Rille (längliche, grabenartige Vertiefung mit abwechselnden Erhöhungen und Einsenkungen) ausläuft. Diese Rille sieht man hier in 4.ba, und sie hat eine Länge von nahe 15 Meilen. Noch mehrere und größere solcher Rillen und Bergadern sieht man in dem Mare serenitatis bei c, d und e, wo sie oft eine Länge von 80 bis 100 Meilen haben. — Plinius ist ein großes Ringgebirge von $7\frac{6}{10}$ Meilen Durchmesser und (bei 3) von 1300 Fuß Höhe. Es umschließt eine Niederung, die gegen 5000 Fuß unter dem Randgebirge desselben liegt. In der Mitte dieser Niederung erhebt sich ein Centralgebirg f, das durch mehrere andere Hügel mit dem Randgebirge (1.3) verbunden ist. Bei (1) geht von diesem Randgebirge ein Bergarm ab, der bis zu Menelaus (s. v. Generalkarte) fortlauft. — Vitruv ist eine Mondgrube von 5 Meilen Durchmesser mit Rundgebirg und einem Centralberg. Südlich von Vitruv liegt das Gebirge 5, das 4 Meilen im Durchmesser hat und durch zwei Spalten getrennt ist. Auch dieses Ringgebirg hat einen Centralberg. Nordöstlich von Vitruv befindet sich eine merkwürdige Gegend. Auf der Westseite wird sie von einer hohen Gebirgskette (8.16) begränzt, die von dem Randgebirge Vitruv's auslauft und erst bei (16) endet. Oestlich aber wird sie durch die Bergreihe (9.10) von dem Mare serenitatis abgeschlossen. Bei (10) erreicht diese Bergreihe die große Höhe von 10170 Fuß. Bei (9) aber hat sie nur 6160 Fuß Höhe über dem Mare tranquillitatis. Bei (13), wo sie sich endet, ist sie am höchsten und hellsten und fällt hier schroff ab. Zwischen diesen zwei Bergreihen (8.16) und (10.9.13) liegen noch zwei andere Bergkuppen (11 und 12). — Maraldi, ein Krater von 6 Meilen Durchmesser, umschließt eine vertiefte Fläche, die ihrer dunkelgrauen Farbe wegen auch im Vollmonde noch gut sichtbar ist. Von seinem mit hohen Kuppen bedeckten Ringgebirge gehen mehrere Bergrücken ab. Oestlich von Maraldi ist eine Bergkette gh, die die beiden Krater B und C ver-

*) Zur Vergleichung dieser Gegenstände mit denen unserer Erde kann man folgende Höhen nehmen:

Dhawalagiri . .	24150 Par. F.	Brocken im Harz .	3300 Par. F.
Chimborasso . .	19320 „ „	Größte ägypt. Pyra-	
Ortelес in Tirol	14000 „ „	mide	450 „ „
Pic von Teneriffa	11400 „ „	Stephansthurm in	
Aetna	10300 „ „	Wien	426 „ „

Digitized by Google

bindet und auch an zwei Stellen mit Maraldi selbst communicirt. Auch (14) ist ein hoher Berg, der mit dem Ringgebirge Maraldi's zusammenhängt. — Zwischen Vitruv und Maraldi liegt der große Krater B von 3 Meilen im Durchmesser, der sich durch seine Tiefe und durch seine Helligkeit auszeichnet. Bei (6) ist eine Niederung, die ganz von Bergkuppen umgeben ist. Oestlich von (B) lauft noch ein hoher Bergrücken kk bis nahe zu (7) hin. — Das Rundgebirge C hat 5 Meilen im Durchmesser und umgibt eine merkbar vertiefte Fläche, in deren Mitte ein Centralberg ist. Die hoch vorstehenden Bergköpfe des Ringgebirges schließen sich nach allen Seiten an andere Höhen an und bilden mit ihnen große Gruben, von welchen die tiefste (8) ist. Nördlich von C bilden die mit L zusammenhängenden Gebirge die große Vertiefung (15), die östlich nach (16) hin noch einige Thäler neben sich hat, und deren umgebende Gebirge sich durch mehrere hohe, vortretende Kuppen auszeichnen. — Das hohe Ringgebirge L, das in der schönen Karte von Mädler und Beer den Namen Littrow trägt, hat 7 Meilen im Durchmesser. Die innere, von dem Ringgebirge umschlossene Fläche erscheint hellgrau, und Lohrmann konnte in ihr auch keine Spur von Unebenheiten bemerken. Auf der Nordseite zeichnet es sich durch zwei hohe Bergkuppen aus, von welchen die höchste (18) ist. Westlich von diesem Ringgebirge bilden mehrere Höhen ein ansehnliches Vorland, das sich von der Grube (15) bis zu der kleinen Bergkuppe (23) hinzieht. Nördlich hat es noch einige kleinere Höhen neben sich, die von dem schönen Gebirge (24) begränzt werden, von welchem eine Rille es auslauft, welche die Grube (17) mit diesem Gebirge (24) verbindet. In (21) ist eine Grube von einer Meile im Durchmesser, die ein regelmäßiges Rundgebirg hat und sehr tief ist. Die Grube (22) hat ebenfalls ein hohes Ringgebirg und steht durch mehrere Bergketten (19 und 20) mit der großen Vertiefung (15) im Zusammenhange.

Die folgenden drei Kärtchen (Fig. 67, 68 und 69) sind aus Schröter's Topographie des Mondes genommen und stellen den Flecken Plato und die Umgegend desselben im Detail und unter verschiedenen Beleuchtungswinkeln vor. In Fig. 67 bemerkt man zuerst die große Bergader oder vielleicht Einsenkung nlop, die sich von Plato aus bis zum Copernicus, also über den dritten Theil des Mondes erstreckt und eine Länge von mehr als 200 Meilen hat. Schröter will sie öfters deutlich als eine schmale, graue Gebirgskette erkannt haben. Links ist der Montblanc, ein schwarzer, runder scharf begränzter Flecken, der von den umliegenden hohen und steilen Bergen eingeschlossen wird. Er ist wahrscheinlich eine tiefe, finstere Kluft, deren Durchmesser 1½ Meile beträgt. An der Stelle dieses schwarzen Fleckens sah Schröter zu einer Zeit, wo dieser Flecken in der Nachtseite des Mondes lag, eine helle Lichterscheinung, und erst nach dieser Zeit bemerkte er diesen schwarzen Flecken, den er früher nie gesehen hatte. — In A am westlichsten Rand der Karte ist der Anfang eines merkwürdigen Thals verzeichnet, das ganz die Form eines mit seinen beiden Füßen zusammengelegten Zirkels hat, dessen Kopf in A ist, und das sich in eine Länge von 13 Meilen von SO gegen NW in vollkommen gerader Linie ausdehnt. Die älteren Mondkarten erwähnen nirgends dieses Thals, obschon es äußerst auffallend sich schon dem ersten Blicke darstellt. Der höchste von den den Montblanc umgebenden Bergen hat eine Höhe von 13200 Fuß. — Plato ist hier vorgestellt, wie er zwei Tage nach der ersten Quadratur erscheint, wenn die für ihn erst kürzlich aufgegangene Sonne etwa 5 Grade hoch über ihm steht. Der innere, von dem Ringgebirge eingeschlossene Theil ist völlig

Digitized by Google

eben. Der größte Durchmesser des Wallgebirges hat 15 Meilen. Die vielen Berge, welche dieses Wallgebirge bilden, sind an der östlichen Seite, die hier im Schatten liegt, am höchsten und betragen hier gegen 10000 Fuß. Auch bei g, südwestlich von Plato, ist ein großes Gebirge mit einer ähnlichen, runden und finstern Kluft, wie bei dem Montblanc. Das ihm westlich liegende Gebirg f ist noch höher. Südlich von Plato liegt Newton, dessen Wallebene auf drei Seiten sehr niedrig und im Ost ganz offen ist, wo die Oeffnung von zwei hohen Bergen k und m begränzt wird. Die Höhe des Berges m beträgt nahe 9000 Fuß. Auch Newton's innere Fläche ist, wie die des Plato, ganz eben.

Die Figur 68 stellt den Plato und Newton zur Zeit der letzten Quadratur vor. Hier sind die beiden Berge c und d dieselben, welche zuvor durch k und m bezeichnet worden sind. Bei diesem sehr niedrigen Stand der Sonne über Newton bemerkte man in seinem Innern zwei Erhabenheiten a und b, aber im Plato nichts dem Aehnliches. Die Fig 69 endlich stellt dieselbe Gegend $2^1/_2$ Tag nach der ersten Quadratur vor, und in ihr suchte man vorzüglich die östlichen Umgebungen Plato's deutlich zu machen. Man sieht hier bei a eine runde Einsenkung, b eine ähnliche mit höherem Wallgebirge, c einen hohen Bergkopf in Plato's Wall und d zwei isolirte Berge, so wie e und g. In mm ist eine Reihe von fünf gleich großen Bergen, die alle in einer Linie stehen. Endlich sieht man in nnn.. mehrere kleine Wallgebirge. — Diese drei Darstellungen desselben Gegenstandes zeigen deutlich, wie verschieden derselbe Gegenstand bei veränderter Stellung der Sonnenbeleuchtung erscheint. Es gibt Stellen auf dem Monde, die dadurch so wesentlich verändert werden, daß man sie nicht mehr an ihrer Gestalt erkennen kann, ja daß man sie oft gar nicht mehr sieht, während sie bei einer anderen Beleuchtung sehr augenfällig erscheinen.

Die drei folgenden Zeichnungen (Fig. 70, 71 und 72) sind von Gruithuisen gegeben worden. Die erste (70) stellt den Flecken Mersenne mit seiner Umgegend vor. Das Circellum a liegt, nach dem Verfasser der Karte, in einem tiefen Kanal, an dessen einer Seite die Fläche höher ist, als an der andern. Das ähnliche b sah Schröter, bei einer anderen Beleuchtung, für einen Berg an, ist aber, so wie a, eine kreisrunde, mit einem Wall begränzte Vertiefung. Bei c sieht man, was G. eine geballte Wolke oder Cumulus nennt, die ihre Gestalt schon während der Abzeichnung in einer Stunde bedeutend änderte. Daraus und aus dem Unterschiede dieser Zeichnung von der durch Schröter gegebenen schließt G. auf bedeutende Veränderungen, die durch Atmosphäre, Nebel und Dünste des Mondes auf der Oberfläche desselben erzeugt werden. Die zwei anderen Karten (Fig. 71 und 72) endlich stellen beide die Gegenden um Menelaus und Manilius vor, und zwar beide in verschiedenen Monaten, aber, wie man aus der Nachtgränze sieht, für nahe dieselbe Phase oder Lunation, woraus wieder zu folgen scheint, daß die Ursache dieser Verschiedenheiten nur in der Atmosphäre des Mondes liegen könne. Aehnliche Beobachtungen hat Schröter und Gruithuisen bei anderen Mondflecken in großer Anzahl gemacht. Immer aber kommen die größten Veränderungen in der scheinbaren Gestalt der Mondflächen von der verschiedenen Beleuchtung derselben durch die Sonne, wie man auch schon aus den drei vorhergehenden Darstellungen des Plato, und besonders seiner Umgegend, sieht. Diese Mannigfaltigkeit der Beleuchtung gibt der Landschaft oft ganz besondere Reize, und Schröter, der doch so sehr daran gewöhnt seyn mußte, kann sich an vielen Stellen seines sonst sehr trockenen und einförmigen Werkes nicht enthalten, die

Digitized by Google

Genüsse, welche ihm der Anblick dieser Veränderungen gewährte, mit Begeisterung und in einer Art von dichterischer Sprache auszudrücken, wie z. B. bei Plato zu der Zeit, wo die Sonne eben über ihm aufgeht, und dieselbe anfangs nur die Gipfel der höchsten Gebirge vergoldet, während der Fuß derselben noch unsichtbar und die ganze innere Fläche des Ringgebirges mit finsterer Nacht bedeckt ist. Wenn dann allmählig die Sonne höher steigt, tritt immer mehr von dem das Ganze umfassenden hohen Wallgebirge hervor, die dunkle Farbe der inneren Ebene geht durch mannigfaltige Abstufungen in ein immer helleres Grau über, bis endlich auch sie im hellen Lichte auf der der Sonne entgegengesetzten Seite glänzen, während auf der andern Seite, wie in Fig. 68, die hohen Randgebirge noch ihre schwarzen Schatten auf diese Ebene werfen und auch diese noch verschwinden, wenn die Sonne, wie in Fig. 69, senkrecht über dem ganzen Flecken steht. So schnell gehen öfter diese Veränderungen, ungeachtet die ganze Periode derselben gleich dem synodischen Monate von 29½ Tagen ist, an manchen Stellen des Mondes vor sich, daß besonders in der Nähe der Lichtgränze oft schon einige Stunden hinreichen, das anfangs gesehene Bild ganz umgestaltet zu finden. (M. s. die schon erwähnten topograph. Fragmente des Mondes von Schröter, und Gruithuisen's Naturgesch. des Himmels. München 1836.)

§. 142. (Bewohner des Mondes.) Den in §. 140 erwähnten Umständen ungeachtet hat es, nicht bloß unsern Dichtern, sondern auch mehreren Astronomen gefallen, diese Wüste mit Bewohnern, ja sogar mit menschenähnlichen Bewohnern zu bevölkern. Jenen wird man diese poetische Licenz nicht verargen dürfen, da dieser Himmelskörper der Vertraute, um nicht zu sagen, der Freund von uns Allen in jener, wohl den meisten meiner Leser schon entschwundenen Rosenzeit der Jugend gewesen ist, in welcher die lebhaftere Einbildungskraft sich so leicht und gern in die höheren Regionen schwingt, und da er selbst den Gefühllosesten, wenn er sein Auge einmal zu dem gestirnten Himmel erhebt, durch die wunderbare Abwechslung seiner Gestalt und durch sein helles Licht an sich zieht, das nicht nur die Fixsterne, sondern selbst das Licht Jupiters und der Venus verdunkelt:

— — Hesperus, that led
The starry host, rode brightest: till the Moon
Rising in clouded majesty, at length
Apparent queen, unveiled her peerless form,
And o'ver the dark her silver mantle threw.

Milton.

Mögen nun die Astronomen selbst zusehen, wie sie sich entschuldigen können, wenn sie, gegen ihre Gewohnheit, das Reich der Wahrheit verlassend, in das Gebiet der Phantasie hinübertreten und uns von den Leuten im Monde, an deren Existenz sie wahrscheinlich selbst nicht glauben, so viele und so sonderbare Dinge vorerzählen, daß ich beinahe Anstand nehmen muß, sie ihnen wieder nachzusagen.

Daß diese Leute, wenn sie überhaupt noch da sind, von uns selbst und Allem, was wir auf der Erde sehen, nicht wenig verschieden seyn mögen, wird wohl Niemand bezweifeln wollen, der sich aus dem Vorhergehenden auch nur daran erinnerte, daß der Mond keine, wenigstens keine mit unserer Luft ähnliche Atmosphäre hat, und also auch kein Wasser haben kann. Dieser Mangel an Luft und Wasser, diese allgemeine Dürre, verbunden mit der Abwesenheit aller eigentlichen Jahreszeiten auf dem Monde, muß auf das animalische und vegetabilische Leben auf der Oberfläche dieses Weltkörpers einen großen und so wesent-

Digitized by Google

lichen Einfluß äußern, daß es uns schwer fallen mag, die Folgen eines solchen Zustandes auch nur in seinen größeren Zügen einigermaßen getreu darzustellen. Vielleicht leben die Geschöpfe des Mondes, wie bei uns die Fische, nur in den tiefsten Theilen der Oberfläche desselben, nur auf dem Boden der vielen Höhlen und Abgründe, wo die sonst so dünne Luft, durch den Druck der oberen Schichten verdichtet, für ihre Lungen noch athembar ist, und wo sie, wie bei uns die Thiere im Innern der Erde, das Licht der Sonne scheuend, wie unsere Maulwürfe und Regenwürmer wohnen, oder gleich den Austern in ganzen Bänken gelagert, ihre Tage in unthätiger Trägheit verleben. Wer weiß, ob nicht die Mondbewohner, der drückenden, volle vierzehn unserer Tage dauernden Sonnenhitze zu entgehen, sich in jene Höhlen flüchten, aus welchen sie nur für die Zeit ihrer eben so langen Nächte sich wieder herauswagen? Oder haben sie sich vielleicht eben in diesen Tiefen, wie unsere alten Ritter auf den Bergspitzen, ihre Burgen und Städte erbaut? Ist doch, wie man sagt, unser eigenes unterirdisches Rom größer, als das über der Erde erbaute. Man dürfte diese überirdische Stadt nur wegnehmen und den Boden unter ihr aufbrechen, wie man es mit Pompeji und Herculanum gemacht hat, um sofort auch auf unserer Erde eine solche Mondstadt zu erhalten. Warum sollten wir nicht annehmen dürfen, daß die Leute im Monde, wenn sie schon einmal da seyn sollen, auch zugleich so klein und eben so thätig und betriebsam wie unsere Ameisen sind, und daß ihrer daher auf dem Boden einer solchen Höhle nicht weniger in sehr bequemen und geräumigen Häusern beisammen wohnen, als bei uns in Paris oder London zu finden seyn mögen. Sind nicht vielleicht die straßenartigen Gänge und Streifen, von welchen wir oben gesprochen haben, und welche jene ausgebrannten Krater, jene unterirdischen Städte mit einander verbinden, wahre Straßen oder wahre Kanäle, durch welche alle diese Städte in gegenseitige Communication gesetzt werden? Weil wir nur auf der Oberfläche unserer Erde leben, sollen darum die Bewohner anderer Weltkörper zu derselben Lebensweise gezwungen seyn? Bei der Liebe zur Abwechslung und selbst zu den auffallendsten Verschiedenheiten, die wir in der Natur schon auf unserem eigenen Wohnorte bemerken, sollte da der entgegengesetzte Schluß nicht auch zugleich der angemessenste, der wahrscheinlichste seyn?

Auch mag es mit der großen Trockenheit, die auf dem Monde herrscht, vielleicht lange nicht so arg seyn, als man auf den ersten Blick glauben sollte. Wegen des Mangels an Luft kann wohl die Kälte, besonders zu ihrer langen Nachtzeit, wie auf den Gipfeln unserer hohen Berge, sehr groß seyn, nicht minder groß vielleicht, als die darauf folgende Hitze, wenn endlich nach vierzehn unserer Tage die Sonne über ihm aufgeht und eben so lange über seinem Horizonte verweilt. Aber diese langen Tage und Nächte erzeugen auch vielleicht durch eine Art von Destillation im halbleeren Raume eine stete Wanderung aller Feuchtigkeit, die von der durch die Sonne erwärmten Hemisphäre nach der dunkeln Seite des Mondes abfließt. Die Folge einer solchen Einrichtung würde eine absolute Trockenheit auf der Sonnenseite, und ein immerwährendes Hinströmen der Feuchtigkeit auf die Nachtseite des Mondes seyn, so daß, was wir Regen und Thau nennen, dort regelmäßig alle vier Wochen die Runde um die ganze Kugel macht, und daß selbst die ebenfalls um den Mond wandernde Lichtgränze einem Flusse zu vergleichen ist, der gleich einem beweglichen Reifen die ganze Kugel umspannt und in jedem Monate abwechselnd jeden Theil der Oberfläche mit Wasser versorgt und zur Vegetation vorbereitet, wie es der Nil bei uns nur in

Digitized by Google

jedem Jahre einmal thut. Bei einer solchen Einrichtung wäre es selbst sehr möglich, daß eine immerwährende Evaporation auf der einen, und eine stetige Condensation auf der andern Seite des Mondes eine Art von Gleichgewicht in dem Zustande der Temperatur sowohl, als auch in dem der Feuchtigkeit und Trockenheit hervorbringt, welcher die Extreme derselben mäßiget und auf die Bewohner jenes Weltkörpers sehr wohlthätig einwirkt.

Wie dem auch seyn mag, so fehlt es doch im Monde allerdings nicht an Spuren, die man auf die Bewohner desselben deuten mag. Gruithuisen und auch Schröter erklären sich an vielen Stellen für die Existenz derselben. Nicht zu erwähnen der neuen Berge, die Schröter und Herschel gleichsam unter ihren Augen entstehen sahen, oder der Feuer auswerfenden Vulkane an solchen Stellen des Mondes, wo früher keine dergleichen gesehen wurden, was für die noch jetzt bestehende Thätigkeit der innern Kräfte sprechen würde, die früher auf dem Monde so große Verwüstungen angerichtet haben, so fanden diese Beobachter auch mehrere Gegenstände auf jenen Satelliten, die durch die Regelmäßigkeit ihres Baues auf eine Anlegung derselben deuten, die mit Absicht zu bestimmten Zwecken vorgenommen zu seyn scheint. Jene Beobachter fanden so viele Stellen des Mondes, die auf eine Cultur des Bodens, auf angelegte Straßen, auf unsern Städten ähnliche Versammlungsorte deuten (m. s. Schröter's selenogr. Fragm. Vol. II. Tab. 69, 62 u. A. m. und Gruithuisen in Kastner's Archiv Vol. I. und in seiner Naturgeschichte des Himmels S. 188 u. f.), daß sich diese an sich sehr wahrscheinliche Ansicht nicht gut mehr für noch ganz unbewiesen erklären läßt. Besonders erwähnt Gruithuisen eines sonderbaren Gebildes in dem mit dem Namen Schröter bezeichneten Flecken (8° östl. Länge und $5\frac{1}{2}$° nördl. Breite), das, wenn es an der Lichtgränze in einer für uns günstigen Lage steht, eine sehr auffallende Regelmäßigkeit in der Anordnung seiner Theile zeigen soll (m. s. Kastner's Archiv Vol. I. und X.), anderer ähnlicher Formationen nicht zu erwähnen, über die man das Berl. Jahrb. f. d. J. 1828 und 1829 nachsehen kann.

Wir haben bereits oben gesagt, daß den Selenite unsere Erde in der Oberfläche dreizehnmal größer, als uns der Mond, erscheint, und daß sie ihnen dieselben Abwechslungen der Lichtgestalten zeigt, die wir bei dem Monde bemerken. So auffallend diese Erscheinungen bei einem so großen Weltkörper an sich seyn mögen, so sehr werden sie auch ohne Zweifel schon daran gewohnt seyn, und es wird auch dort nicht an Leuten fehlen, die sich um alles das, was über ihnen am Himmel vorgeht, nicht weiter bekümmern. Aber dafür werden eben dieselben und aus eben derselben Ursache, wie bei uns, desto mehr betroffen und erschrocken seyn, wenn nun der gewöhnliche Lauf dieser Erscheinungen plötzlich unterbrochen wird, und wenn jener große Himmelskörper sich mitten am Tage zwischen sie und die Sonne stellt und alles um sich her in die Finsterniß der Nacht einhüllt. Ohne Zweifel sind diese Erscheinungen auch auf dem Monde, für den großen Haufen wenigstens, ein Gegenstand der Furcht und des Entsetzens, wie sie es so lange Zeit auf der Erde waren *). Auch sie werden sich ohne Zweifel in ihre Höhlen und Klüfte

*) In Ostindien ist der Glaube noch heut zu Tage sehr verbreitet, daß bei einer Mondesfinsterniß ein böser Geist seine rabenschwarzen Fittige über den Mond ausbreite, um ihn vom Himmel herabzuziehen, daher die In-

Digitized by Google

flüchten und unsere Erde über sich entrüstet oder uns für bezaubert halten, und was dergleichen Thorheiten mehr seyn mögen, in welchen wir ihnen mit unserem Beispiele vorangegangen sind. Denn, um wieder mit Fontenelle zu reden, welches Recht sollten sie haben, gescheuter zu seyn, als wir? Ist der Mond nicht der Satellit, der Diener und Fackelträger der Erde? Und da diese große Erde in allen ihren Theilen der Thorheiten so voll ist, warum sollte der kleine Mond eine Ausnahme von dieser, wie es scheint, allgemeinen Regel machen? Sie sollten uns in Furcht setzen können und wir sie nicht? Es hat große Völkerschaften bei uns gegeben, und es gibt ihrer wohl noch, die den kleinen Mond als eine Gottheit angebetet haben, warum sollten dasselbe nicht auch die Völker im Monde mit der viel größern Erde thun können, und warum

---

dier den Flüssen zueilen und sich bis an den Kopf ins Wasser stecken, um sich dadurch vor den Angriffen des bösen Geistes zu schützen. Noch sinnreicher stellen sich die Bewohner der Westküste von Afrika vor, daß die Finsternisse von einer großen schwarzen Katze verursacht werden, die ihre Pfoten auf die Sonne oder den Mond legt. Die Talapoinen oder Mönche in Siam geben vor, daß die europäischen Astronomen nur deßhalb die Zeit, die Dauer und Größe der Finsternisse so scharf vorhersagen können, weil sie den Appetit eines großen Drachen genau kennen, der zur Zeit einer Finsterniß die Sonne oder den Mond verschlingen will. Die sonst so gebildeten Griechen glaubten lange Zeit, daß der Mond zur Zeit der Finsternisse von boshaften Magiern bezaubert werde, die ihn durch ihre Künste vom Himmel herabziehen und dann mit seinem Schaume die Kräuter vergiften und die Thiere tödten. Wir mögen uns immerhin in Acht nehmen, über diese Völker zu laut zu lachen, da unsere eigenen Väter vor noch nicht gar langer Zeit es nicht viel besser machten. Manche meiner Leser haben vielleicht einige von den Schriften gelesen, die zur Zeit der totalen Sonnenfinsterniß des 12ten Mai 1706 in allen Theilen unseres auch damals schon sehr schreibsüchtigen Deutschlands erschienen sind. Diese Finsterniß war in der That eine der größten, die seit langer Zeit in Europa erschienen waren. Der Schatten des Mondes zog beinahe über diesen ganzen Welttheil hin, und diejenigen Gegenden, welche die Finsterniß total sahen, hatten mitten am Tage eine stockfinstere Nacht von beinahe fünf Minuten. Während dieser Zeit konnte man weder lesen noch arbeiten, und kaum erkannte man sich neben einander. Die Nachtvögel kamen aus ihren Klüften, und die Thiere des Feldes suchten ihre Nachtlager auf. Man konnte neben der verfinsterten Sonne die Planeten Merkur, Venus, Jupiter und Saturn und selbst alle größeren Fixsterne deutlich sehen. Dafür war aber auch diese Finsterniß der Gegenstand des Gespräches selbst in den sogenannten aufgeklärten Zirkeln, und die Gelehrten auf unseren Universitäten lieferten tiefsinnige Betrachtungen über die giftigen Nebel, die bei dieser und überhaupt bei jeder Finsterniß auf die Erde fallen, daher man die Brunnen sorgsam zudecken und das Vieh in ihre Ställe treiben soll, und was dergleichen Dinge mehr seyn mochten, die man in Kindermann's Reisen in die eröffneten Himmelskugeln 1779 nachsehen kann, welches Werk damals in Jedermanns Händen war und mit einer Art von Heißhunger gelesen wurde, obschon es auch gescheutere Leute gab, die ihre Mitbürger eines Bessern belehren wollten, die aber nicht gehört, wohl gar als Freigeister verschrieen wurden.

Digitized by Google

sollten überhaupt wir allein im ganzen großen Weltalle die einzigen Thoren seyn dürfen?

Aber so sehr sie uns auch in diesem Stücke gleichen mögen, in vielen anderen sind sie gewiß wieder eben so sehr von uns verschieden, und wir würden uns gewiß nicht wenig über ihre Gestalt und über ihr ganzes Wesen verwundern, wenn wir einmal Gelegenheit haben sollten, zu ihnen hinaufzukommen, nicht weniger ohne Zweifel, als sie selbst über uns erstaunen würden, wenn sie uns einmal näher zu Gesichte bekommen sollten. Gewiß können sie sich eben so wenig vorstellen, wie es hier unten zugeht, als wir selbst uns einen Begriff von ihrem Treiben dort oben machen können. Wie sollte es ihnen nur einfallen, daß es auf der großen, lichten Scheibe, die über ihnen am Himmel schwebt, eine so seltsame Gattung von Geschöpfen gebe, die man das menschliche Geschlecht und zuweilen sogar, ohne Zweifel aus zu großer Bescheidenheit, das Meisterstück der Schöpfung und Gottes wahres Ebenbild zu nennen pflegt; ein Geschlecht, das so thörichte Leidenschaften hegt und dabei so weise Betrachtungen anstellt; das so kurzdauernd ist und doch so weitaussehende Plane anspinnt; das so viele Kenntnisse von den unnützesten Dingen hat und doch die allernothwendigsten oft so ganz und gar nicht kennt; das so viel Freiheitsdrang neben den knechtischsten Gesinnungen und so viel Verlangen nach Glückseligkeit und doch keine Kraft, sie zu erhalten und zu genießen, besitzt?

Uebrigens, was geht das sie an. Gewiß nicht mehr, als sie uns selbst angehen mögen. Genug, wenn jeder von uns mit sich und seiner nächsten Umgebung zufrieden ist, oder doch zu seyn sich stellen kann. Warum sollten wir uns auch um sie, die so weit von uns entfernt sind, bekümmern, wir, die wir nicht einmal unsere nächsten Nachbarn kennen, ie dasselbe Haus mit uns bewohnen? In der That, wir befinden uns mit diesen Nachbarn schon so lange Zeit auf einem gemeinschaftlichen Schiffe und haben sie noch nicht einmal gesehen. Wir bewohnen, wie wir wenigstens glauben, das Vordertheil dieses Schiffes, während die Leute von Lappland oder die von Neuholland den Hintertheil des Fahrzeuges einnehmen, und so neugierig auch beide seyn und so gern sie sonst vor fremden Thüren kehren mögen, so weiß doch einer nichts von dem anderen und findet es auch kaum der Mühe werth, darnach zu fragen, während sie doch alle gern wissen möchten, was dort oben im Monde, in einem anderen Schiffe vorgeht, das so weit von uns auf dem großen Ocean der Welten herumsegelt *).

*) Da wir, wie wir aus dem Vorhergehenden wissen, keine Hoffnung haben, je eine Reise in den Mond zu machen, so bleibt uns, mit den Bewohnern desselben Bekanntschaft zu machen, kein anderes Mittel übrig, als eine Art von Correspondenz zwischen diesen beiden Schiffen zu etabliren. Aber auf welche Art? — An Posten und Paketboote ist nicht zu denken. Aber vielleicht an Telegraphen? — Sie müßten etwas groß seyn, um in der Entfernung von 50000 Meilen noch gesehen zu werden. Allein diese Schwierigkeit ließe sich vielleicht, wenn man weder Mühe noch Kosten scheut, noch beseitigen. Die größere und schwerer zu besiegende würde die Wahl der Zeichen und der Sprache seyn, die man für diese telegraphische Correspondenz bestimmen soll. So viel auch Sprachen auf unserer Erde angetroffen werden, so sind sie doch alle auf dem Monde unbekannt, und es ist sehr möglich, daß die Leute dort gar keine

Digitized by Google

Daß es auf diesem Schiffe ganz anders hergeht, als auf dem unseren, daraus folgt noch nicht, daß jene Reisenden weniger glücklich und zufrieden sind, als wir selbst, da auch sie wahrscheinlich wieder ganz andere Wesen sind, als die, welche wir hier unten kennen gelernt haben. Die Natur wird Mittel genug haben, sie für das, was wir Entbehrungen nennen, reichlich zu entschädigen. Ihre Fluren werden vielleicht durch keinen Regen erquickt, aber dafür auch durch keinen Hagel zerschlagen. Sie kennen die Morgen- und Abendröthe nicht, aber sie wissen auch nichts von Wolken und Platzregen, der ihre Felder überschwemmt, und nichts von Orkanen, die ihre Wohnungen zerstören. Wenn sie keinen Regenbogen sehen, so sehen sie auch die verheerenden Blitze nicht, so weckt sie das Brüllen des Donners auch nicht aus ihrem Schlafe, in welchem sie still und friedlich ihre Tage verträumen, während wir die unseren in stetem Kampfe mit uns selbst und unseren Umgebungen zubringen. Und während unseren Freuden nur zu oft Reue und Schmerz folgt, sind ihnen vielleicht beide völlig unbekannt. Wenn wir, die wir mit einem vielleicht sehr übel angebrachten Stolze auf unsern sogenann-

---

eigentliche Sprache haben und sich auf ganz andere Art unter einander verständlich machen. Und die Zeichen? — Diese sind allerdings willkührlich, aber dafür muß auch eine vorläufige Verabredung vorausgegangen seyn, wenn man anders sich gegenseitig verstehen will. Wie soll man aber diese Verabredung treffen, da uns auch dazu alle Mittel fehlen? — In dieser Verlegenheit hat einer unserer ausgezeichnetsten Geometer einen Vorschlag gemacht, der Manchem auf den ersten Blick sehr ungewöhnlich, der aber, genauer besehen, doch als der einzig mögliche erscheinen wird, und welcher, der Sonderheit der Sache wegen, hier eine kurze Erwähnung verdient, wenn gleich Niemand, und am wenigsten der Erfinder des Vorschlags selbst, an eine Ausführung desselben denkt.

Er ging von der Voraussetzung aus, daß die Leute im Monde, wie sie auch übrigens beschaffen seyn mögen, mit Verstand begabte Wesen sind. Wer dieß nicht annehmen will, muß es auch überflüssig und selbst thöricht finden, mit ihnen eine Correspondenz irgend einer Art zu etabliren. Wenn sie also, schloß er weiter, in der That verständige Wesen sind, so werden sie, da der Verstand überall derselbe seyn muß, die eigentliche Verstandeswissenschaft, d. h. die Mathematik treiben. Wenn sie sich aber mit Mathematik beschäftigen, so können ihnen, da sie schon so lange zur Schule gehen, wenigstens die ersten Hauptsätze der Geometrie nicht unbekannt seyn. Wenn man ihnen daher eine der sprechendsten Figuren der Elementargeometrie, z B. die bekannte des sogenannten Quadrats der Hypotenuse, im großen Maaßstabe, etwa auf einer weiten Ebene der Erde verzeichnet, vorlegte, so daß sie dieselben erkennen könnten, so würden sie wahrscheinlich dadurch aufmerksam gemacht werden und uns vielleicht mit der Zeit durch eine ähnliche Figur, die sie auf der Mondesfläche ausführen, eine Antwort und ein Zeichen geben können, daß sie uns verstanden haben. Dadurch würden wir also wenigstens die Ueberzeugung erhalten, daß es dort oben Wesen gibt, die mit Verstand begabt sind und mit denen zu correspondiren es der Mühe werth ist. Sonach wäre der erste Schritt zu einer näheren Bekanntschaft mit den Mondesbürgern gemacht und die andern — werden folgen, wenn erst dieser ins Reine gebracht seyn wird.

Digitized by Google

ten Diener und auf die Bewohner desselben herabsehen, wenn wir, wenn die Besten von uns ihr Glück in einem thatenreichen, mit Ehre und Schätzen bedeckten Leben suchen und es nicht finden — so kümmern sie, in ihrer ewigen Ruhe, sich nichts um das Schattenbild des Ruhmes und genießen dafür ein, wohl weniger glänzendes, aber dafür auch ein desto reineres und stetigeres Glück, und haben keine Ursache, uns um all unser Drängen und Treiben zu beneiden. Wenn sie die Buchdruckerkunst noch nicht erfunden haben sollten, so kennen sie dafür auch die vielen schlechten Bücher nicht, mit welchen wir geplagt sind, so ist ihnen auch alle die Mühseligkeit und Verkehrtheit unbekannt geblieben, die in dem Gefolge jener Erfindung über uns gekommen ist, und wenn sie dadurch in ihren Schulen und Universitäten etwas zurückgeblieben seyn, und, wie man sagt, das Pulver noch nicht erfunden haben sollten, nun so ist ihnen dafür auch unsere höhere Tactik unbekannt geblieben, durch die wir, ohne zu wissen warum, unsere Brüder zu Tausenden in einer Stunde morden, blühende Städte in Aschenhaufen und glückliche Länder in Wüsten und Leichenfelder verwandeln. Und in der That, wenn wir uns schon einmal diesen Gegensätzen überlassen wollen, wer könnte es uns verargen, wenn wir die schon längst von der Erde aus Pandora's Urne entflohenen Güter dort aufsuchen möchten: den ewigen Frieden, nach dem wir schon so lange vergebens seufzen, das goldene Zeitalter, das nur mehr in unseren Gedichten lebt, und die Unschuld der Sitten, die, nach Ariosto's lieblicher Dichtung, sammt dem verlornen gesunden Menschenverstande unserer Gelehrten und Helden, dort oben unter der Aufsicht eines eigenen Genius in besonderen Phiolen aufbewahrt werden und deshalb hier unten so selten mehr zu finden seyn sollen.

Kapitel X.

Die Monde der drei äulserslten Planeten.

§. 143. (Die vier Monde Jupiters.) Der Planet Jupiter ist, wie bereits oben (I. §. 77 und 176) gesagt wurde, von vier Monden umgeben. Da die Neigungen ihrer Bahnen gegen die ihres Hauptplaneten sämmtlich zwischen zwei und drei Graden enthalten sind, so erscheinen sie uns immer sehr nahe in einer geraden Linie aufgestellt, deren Richtung durch den Mittelpunkt Jupiters geht. Schon mittelmäßige Fernröhre sind hinreichend, sie zu erkennen.

Die mittleren Entfernungen und Umlaufszeiten, so wie die Größen dieser vier Monde, sind bereits oben (I. §. 176) angegeben worden. Aus den dort mitgetheilten Angaben folgt, daß ihre Durchmesser, von

Digitized by Google

dem, dem Planeten nächsten anzufangen, $^1/_{54}$, $^1/_{42}$, $^1/_{24}$ und $^1/_{34}$ des Durchmessers von Jupiter sind, daß also der zweite der kleinste und der dritte der größte ist. In Beziehung auf diese ihre Durchmesser ist der erste und vierte nahe doppelt so groß, als der Mond der Erde, der dritte hat einen nahe fünfmal größeren Durchmesser, als unser Mond, und der zweite endlich ist ihm beinahe gleich.

§. 144. (Wie sie von Jupiter gesehen erscheinen und umgekehrt.) Von der Oberfläche Jupiters gesehen erscheinen sie, in derselben Ordnung, unter dem scheinbaren Durchmesser von 33, 17, 19 und 7 Minuten; von der Erde aber beträgt keiner dieser Durchmesser noch zwei Secunden.

Dafür erscheint Jupiter selbst auf diesen Monden von einer gewaltigen und imposanten Größe. Die Bewohner des nächsten Mondes sehen ihren Hauptplaneten unter einem Durchmesser von $19^3/_4$ Graden, also 37mal größer, als uns der Durchmesser der Sonne, oder in der Oberfläche 1370mal größer, als uns die Oberfläche der Sonne erscheint. Für diesen Satelliten kann daher sein Hauptplanet das ganze große Sternbild Orions bedecken, und wenn er an dem Horizonte des Mondes auf- oder untergeht, so nimmt er den achtzehnten Theil desselben ein. Auf dem zweiten Satelliten erscheint Jupiter, in Beziehung auf seine Oberfläche 620, auf dem dritten 240 und auf dem vierten endlich 78mal größer, als uns die Oberfläche der Sonne.

Der Durchmesser der Sonne selbst aber erscheint den Bewohnern Jupiters und seiner Satelliten nur mehr unter dem kleinen Winkel von sechs Minuten, so daß der Abstand in der Größe, wie den Bewohnern der Satelliten die Sonne und ihr Hauptplanet erscheint, noch viel auffallender ist. In der That sehen die Bewohner des ersten oder nächsten Mondes die Oberfläche Jupiters 37000, die des zweiten 14600, des dritten 5800 und endlich die des vierten 1800mal größer, als sie die Sonne sehen, von welcher sie im Mittel um 108 Millionen Meilen entfernt sind.

§. 145. (Vorübergänge dieser Satelliten vor der Scheibe Jupiters.) Es wurde bereits (I. §. 176) bemerkt, daß man diese Monde mit guten Fernröhren zuweilen auf der Scheibe Jupiters selbst bemerkt, wenn sie nämlich zwischen ihm und der Erde durchgehen. Sie erscheinen dann als kleine, runde Flecken, die sich durch ihre dunklere Farbe auf dem beleuchteten Hintergrunde Jupiters auszeichnen. Oefters schon hat man in diesen Flecken einen anderen kleinen, helleren oder grauen gesehen, der mit dem Monde selbst dieselbe Geschwindigkeit und Richtung der Bewegung hat und daher ein dunkler Flecken dieses Mondes ist. Bei dem vierten Satelliten hat man überdieß eine periodische Aenderung seines Lichtes bemerkt, indem er immer am stärksten glänzt, wenn er weiter, als Jupiter, von der Erde entfernt ist, und am schwächsten, wenn er für uns dießseits seines Hauptplaneten steht, so daß er uns dort seine hellere, hier aber seine dunklere Seite zuzuwenden scheint. Man hat daraus den Schluß gezogen, daß auch diese Monde, so wie der der Erde, in derselben Zeit sich um ihren Hauptplaneten bewegen, in welcher sie sich um ihre Axe drehen. Spätere Beobachtungen haben dieß bei diesen vier Monden sowohl, als auch selbst bei einigen Monden Saturns vollkommen bestätiget (I. §. 166). Diese Gleichheit der Revolution und Rotation soll schon Hartsöker i. J. 1706 gemuthmaßt haben, und wenn er gleich die Gründe davon nicht angeben konnte, so war es doch gut, uns durch die Bekanntmachung seiner Meinung auf die Sache aufmerksam gemacht zu haben. Es ist allerdings viel leichter zu muthmaßen, als zu beweisen oder zu erfinden, und wir haben, besonders in der Astronomie, Beispiele genug, die dieß bestätigen. Aber auch jene

Digitized by Google

ersten Muthmaßungen haben oft ihren hohen Werth, und es ist nicht Jedermanns Sache, mit Glück solche Meinungen aufzustellen, die oft erst spät nachher durch unmittelbare Beobachtungen wahr befunden werden, ja die oft selbst den Beobachter auf den richtigen Weg geleitet und die eigentliche Erfindung vorbereitet haben. Man sollte es daher Niemand, der sich dazu aufgelegt fühlt, verargen, Muthmaßungen, selbst gewagte, aufzustellen, und mit Hypothesen zu experimentiren, da diese Spiele, denn mehr sind sie gewöhnlich anfangs nicht, so lange sie nicht mißbraucht werden, unschuldige Operationen sind, die später sehr nützlich werden können, wenn sie in die rechten Hände fallen, obschon sie übrigens, man muß es gestehen, auch schon Unheil genug angerichtet haben. Diese Dinge lassen sich mit dem Feuer vergleichen, von dem man zu sagen pflegt, es sey ein vortrefflicher Diener, aber ein sehr gefährlicher Herr.

Da übrigens dieser periodische Lichtwechsel und jene dunklen Flecken auf der Oberfläche des Satelliten nicht bei jedem Umlaufe desselben um seinen Hauptplaneten sichtbar sind, so scheinen auf dieser Oberfläche öfter bedeutende Umwälzungen vor sich zu gehen, indem sie selbst in der großen Entfernung dieser Himmelskörper von uns noch sichtbar seyn können. Vielleicht sind daher diese Monde, so wie ihr Hauptplanet selbst mit sehr dichten Atmosphären umgeben, in welchen große Revolutionen Statt haben.

§. 146. (Verfinsterungen dieser Monde.) Eben so ist bereits früher (I. §. 179) bemerkt worden, daß die Verfinsterungen der Satelliten Jupiters uns ein sehr bequemes Mittel gewähren, die geographische Länge der Beobachtungsorte zu bestimmen, das besonders auf der See sehr gut angewendet werden konnte, da diese Finsternisse so oft wiederkehren und viel häufiger, als bei unserm Monde, vorfallen. In den neueren Zeiten, wo die Theorie und die Tafeln unseres eigenen Mondes zu einer so großen Vollkommenheit gebracht worden sind, bedient man sich zu diesem für die Seefahrt so wichtigen Zwecke vorzugsweise der beobachteten Distanzen des Mondes von den übrigen Gestirnen. Allein zur Zeit der Entdeckung jener Satelliten, im Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts, hatte man kein anderes Mittel, die geographische Länge zweier sehr von einander entfernten Orte zu bestimmen, als eben die Finsternisse dieser Satelliten, da die unseres Mondes zu selten vorfallen, um auf der See von großem Nutzen zu seyn.

Sey S die Sonne (Fig. 54), I Jupiter, ABC die Bahn der Erde und abcd die Bahn eines Satelliten des Jupiter, wo sich die Erde und der Satellit von West nach Ost oder in der Richtung ABC und abc bewegen. Wenn der Satellit in der Gegend ab seiner Bahn, oder in der Nähe des Schattenkegels eNd ist, den Jupiter, von der Sonne S beschienen, hinter sich wirft, so verschwindet er unseren Blicken, sobald er in diesen Schatten tritt, und verursacht dadurch für die Bewohner des Hauptplaneten eine Mondesfinsterniß. Wenn aber der Satellit in der Gegend cd seiner Bahn, zwischen der Sonne und seinem Hauptplaneten steht, so wirft er seinen eigenen Schatten auf den letzten und erzeugt dadurch eine Sonnenfinsterniß (vergl. I. §. 176). Man sieht daraus, daß die Finsternisse dieser Satelliten im Allgemeinen ganz analog mit denen unseres Mondes (I. §. 175) sind, obschon sie sich auch wieder in einigen Nebenumständen wesentlich von ihnen unterscheiden. Wegen der viel größeren Entfernung Jupiters von der Sonne ist nämlich der Schattenkegel, den dieser Planet hinter sich wirft, viel länger, und wegen der ungemeinen Größe Jupiters ist sein Schatten auch viel breiter, als der

Digitized by Google

der Erde. Diese Satelliten selbst sind überdieß gegen ihren Hauptplaneten viel kleiner, als der Mond gegen die Erde, ihre Bahnen sind viel weniger gegen die Ekliptik geneigt und auch verhältnißmäßig bedeutend kleiner, als die Bahn unseres Mondes. Aus diesen Gründen gehen die drei ersten oder nächsten Satelliten Jupiters, so oft sie bei ab mit der Sonne, von Jupiter aus gesehen, in Opposition sind, immer durch den Schatten des Planeten, oder sie werden bei *jedem* Neumonde verfinstert und selbst der vierte muß, wenn er ja zuweilen diesem Schatten oben oder unten vorbeigeht, den Rand desselben meistens streifen. Aber der vorzüglichste Unterschied zwischen den Finsternissen dieser Satelliten und unseres Mondes besteht darin, daß wir jene nicht, wie diese, aus dem Mittelpunkte der Bewegung dieser Satelliten, sondern von irgend einem Punkte A, B, C der Erdbahn sehen, der nicht in der Richtung der geraden Linie liegt, welche die Sonne, den Planeten und den Satelliten mit einander verbindet, so daß also die Schattenaxe IN zu verschiedenen Zeiten auch eine verschiedene Lage gegen die Gesichtslinie AI, BI, CI haben wird, die von der Erde nach Jupiter geht. Dieser Umstand macht zwar keinen Unterschied in der *absoluten Zeit*, wann diese Mondesfinsternisse bei ab anfangen und enden, denn da sie wahre Beraubungen des nur geborgten Lichtes der Satelliten sind, so müssen dieselben aus allen Orten in demselben Augenblicke gesehen werden. Aber er hat dafür einen desto größeren Einfluß auf die *Sichtbarkeit* dieser Finsternisse, wie wir sogleich näher sehen werden.

Der Satellit wird in dem Augenblicke verfinstert, wo er in dem Punkte a in den Schattenkegel Jupiters tritt: aber nicht plötzlich, da der Satellit zuerst in den Halbschatten tritt und doch immer einen beträchtlichen Durchmesser hat, und daher nur nach und nach in den Schatten treten oder allmählig sich unsern Blicken entziehen kann. Diese Zeit der völligen Extinction seines Lichtes wird so groß seyn, als diejenige Zeit, die der Satellit braucht, in seiner Bahn einen Bogen, so groß als sein eigener Durchmesser, zu beschreiben, oder eigentlich noch etwas größer, wegen des *Halbschattens*, der durch die zwei geraden Linien begränzt wird, welche die Sonne an ihrem oberen und Jupiter an dem entgegengesetzten, untern Rande berühren (vergl. Fig. 43). Dasselbe wird auch am Ende der Finsterniß Statt haben, wenn der Mond bei b wieder die zweite Gränze des Schattens verläßt. — Es wird also auch sehr schwer seyn, den eigentlichen Anfang der Verfinsterung des Satelliten, so wie das völlige Ende desselben genau anzugeben, und man sieht, daß die Güte des Auges und des Fernrohrs, so wie die Reinheit der Atmosphäre während der Beobachtung einen großen Einfluß auf dieselbe äußern kann. Diesen ungünstigen Umstand so viel als möglich zu vermeiden, wird man sich daher, wo es seyn kann, nie mit der Beobachtung des bloßen Anfanges oder auch des Endes einer solchen Finsterniß begnügen, sondern man wird mit demselben Fernrohre *beide* Momente beobachten und aus ihnen das Mittel nehmen, wo man dann die Zeit desjenigen Augenblickes erhält, wo der Satellit in der Schattenaxe IN oder in Opposition mit der Sonne gewesen ist. Nur solche vollständige Beobachtungen einer Finsterniß, wenn sie an mehreren Orten angestellt wurden, wird man mit Sicherheit zur Bestimmung der geographischen Länge dieser Orte (nach I. §. 179), so wie auch zur Verbesserung der Theorie der Bewegungen dieser Himmelskörper anwenden.

Der bloße Anblick der Zeichnung lehrt schon, daß diese Finsternisse alle auf der Westseite von Jupiter Statt haben, wenn die Erde selbst in A oder westlich von der Schattenaxe SIN liegt, d. h. in der Zeit,

Digitized by Google

die der Opposition Jupiters vorhergeht; diese letzte aber hat statt, wenn die Erde in C, oder wenn sie selbst in der Schattenaxe liegt. Je näher die Erde diesem Punkte C der Opposition kömmt, desto näher kömmt auch die Gesichtslinie Aa, Ba . . zu ihrer Coincidenz mit der Schattenaxe IN, desto weniger sind beide Linien Aa und IN gegen einander geneigt und desto näher an dem westlichen Rande Jupiters werden auch die Eintritte der Satelliten sich ereignen. Wenn die Erde in den Punkt B kömmt, wo die Linie Bb, die man von der Erde nach dem Satelliten zur Zeit seines Austritts aus dem Schatten zieht, den Planeten an seinem westlichen Rande berührt, so haben diese Austritte, wie sie von der Erde gesehen werden, an dem Rande Jupiters selbst statt, und können daher zu dieser Zeit eben so wenig gesehen werden, als die darauf folgenden Tage, wo diese Austritte für uns sogar hinter der Scheibe Jupiters vor sich gehen. Noch später wird man auch die Eintritte bei a nicht mehr sehen, da auch diese, von der Erde gesehen, sich hinter dem Planeten ereignen.

Vor der Opposition Jupiters also, oder zu der Zeit, wo dieser Planet Vormittags durch den Meridian geht, fällt der Schattenkegel desselben für uns auf die westliche, nach der Opposition aber auf die östliche Seite, daher wir dort die Eintritte der Monde auf der westlichen, hier aber die Austritte derselben auf der östlichen Seite Jupiters sehen, während uns dort die Austritte auf der östlichen und hier die Eintritte auf der westlichen Seite unsichtbar sind, indem uns beide von der Scheibe des Planeten selbst verdeckt werden. In der Mitte zwischen der Opposition und Conjunction aber, wo Jupiter am weitesten oder neunzig Grade von der Sonne entfernt ist, und wo er daher um sechs Uhr Morgens oder Abends durch den Meridian geht, fällt sein Schatten auch am meisten gegen Ost oder West, und dieser Schatten ist dort, wo die zwei äußersten Satelliten durch ihn gehen, von dem Planeten schon so fern, daß keine der beiden Seiten des Schattens für uns von der Scheibe des Planeten bedeckt werden kann, daher wir also auch dann, von diesen beiden Satelliten, die Eintritte sowohl, als auch die darauf folgenden Austritte, oder daß wir die Finsterniße derselben in ihrer ganzen Dauer sehen können. Die zwei andern Satelliten aber stehen ihrem Hauptplaneten immer so nahe, daß man vor der Opposition bloß ihre Eintritte und nach der Opposition bloß ihre Austritte sieht, daher auch die Finsterniße dieser zwei nächsten Satelliten zu einer genauen Bestimmung der geographischen Länge viel weniger geschickt sind, als die der beiden anderen.

§. 147. (Verfinsterungen Jupiters durch diese Monde.) Anders verhält sich die Sache, wenn der Satellit in seiner Bahn zu dem Punkte c kömmt, wo er zwischen der Sonne und seinem Planeten ist, und wo man ihn dann von der Erde als einen runden Flecken über die Scheibe dieses Planeten ziehen sieht, sobald er in die gerade Linie tritt, welche die Erde in A, B oder C mit dem östlichen Rande des Planeten verbindet. Dieß sind wahre Sonnenfinsterniße für die Bewohner Jupiters (I. §. 175), während die vorher betrachteten Erscheinungen als Mondesfinsterniße (I. §. 174) anzusehen waren. In der That wirft dann der Satellit in cd seinen eigenen Schattenkegel auf die ihm gegenüber stehende Oberfläche des Planeten und verdunkelt diesem dadurch das Licht der Sonne. Zu derselben Zeit sieht man dann auch noch einen zweiten nahe eben so großen, grauen Flecken auf der Oberfläche Jupiters, dem Satelliten vorausgehen, wenn die Finsterniß vor der Opposition Jupiters sich ereignet, oder ihm folgen, wenn sie nach der Oppo-

Digitized by Google

sition statt hat. Dieß ist offenbar der Schatten des Satelliten, der über die Oberfläche des Planeten während der Finsterniß hinzieht. Bei diesen Vorübergängen der Satelliten, die mit lichtstarken Fernröhren sehr scharf beobachtet werden können, sieht man den Satelliten auch zuweilen als einen dunklen, nicht mehr runden, sondern unregelmäßig begränzten Flecken, dessen Dimensionen beträchtlich kleiner sind, als die seines Schattens, woraus Schröter und Harding den Schluß gezogen haben, daß diese Satelliten zuweilen auf ihrer Oberfläche oder in ihrer Atmosphäre große, dunkle Stellen haben.

§. 148. (Theorie der Satelliten Jupiters.) Die Theorie der Bewegungen und der gegenseitigen Störungen dieser Satelliten ist großen Schwierigkeiten unterworfen. Aber ihre große Entfernung von uns gestattet, bei den vorzüglichsten ihrer Perturbationen stehen zu bleiben, da wir die kleineren Ungleichheiten doch nicht mehr unterscheiden können. Bailly, der sich durch seine schöne, obgleich etwas dichterische Geschichte der Astronomie ausgezeichnet hat, und dessen grausamer Tod zur Zeit der Schreckensregierung in Frankreich ein entsetzlicher Beweis der Unbeständigkeit der Volksgunst ist, war der erste, der die Theorie dieser vier Monde durch Hülfe der Analyse zu bearbeiten suchte. Da aber sein Versuch noch zu unvollkommen war, so machte die k. Academie in Paris i. J. 1766 diesen schwierigen Gegenstand zu einer Preisfrage, die Lagrange in ihrem ganzen Umfange in einer Abhandlung löste, welche eine der schönsten ist, die je über die Einrichtung des Weltsystems erschienen war. Im Jahre 1788 nahm Laplace dieselbe Arbeit noch einmal vor, bereicherte sie mit mehreren interessanten Entdeckungen und legte dadurch den Grund zu den ersten genauen Tafeln dieser Satelliten, die Delambre berechnet hat. Diese Arbeiten lehrten uns auch die Massen jener Monde kennen, die, in der bisher angenommenen Ordnung 17, 23, 28 und 43 Milliontheile der Masse Jupiters betragen. Verbindet man diese Massen mit der bereits oben mitgetheilten Größe dieser Monde, so findet man ihre Dichtigkeiten gleich 1, 4, 3 und 4 Zehntheile der Dichte der Erde, und daher auch den Fall der Körper auf ihren Oberflächen in der ersten Secunde 8, 16, 20 und 19 Zehntheile eines P. Fußes.

§. 149. (Merkwürdige Verhältnisse ihrer Bewegungen.) Wir haben bereits oben (I. §. 177) die merkwürdigen Verhältnisse angegeben, welche zwischen den mittleren Längen sowohl, als auch zwischen den mittleren siderischen Bewegungen der drei ersten dieser Satelliten statt haben. Eine Folge dieser Einrichtung ist, daß diese drei Satelliten nie zugleich verfinstert werden können. In der That, wenn der zweite und dritte dieser Monde, in demselben Punkte des Himmels, von Jupiter aus gesehen, sich befinden, so muß, jenes Verhältnisses wegen, der erste Mond jenen beiden gegenüber stehen; wird also dieser erste verfinstert, so müssen die beiden andern zwischen Sonne und Jupiter liegen und daher ihren Schatten auf den Hauptplaneten werfen, und umgekehrt.

§. 150. (Anblick des Himmels von diesen Monden.) Ohne uns bei der Beschreibung des Anblicks aufzuhalten, welchen die vier Monde den Bewohnern Jupiters gewähren mögen, wollen wir nur mit einigen Worten des Genusses erwähnen, welchen Jupiter selbst den Bewohnern der Satelliten darbietet. Welch ein Schauspiel mag es für die Bewohner des ersten Satelliten seyn, eine unserem Monde ähnliche Scheibe, mit denselben regelmäßig abwechselnden Lichtphasen, aber 1370 mal größer, als uns die Scheibe des Mondes zur Zeit des Vollichtes erscheint, immer unbeweglich an derselben Stelle des Himmels zu erblicken,

Digitized by Google

während die Sonne selbst und alle andern Gestirne hinter ihr vorüberziehen, begleitet von anderen ebenfalls sehr großen lichten Himmelskörpern, welche die erste in künstlich verschlungenen Bahnen nach ewig unveränderlichen Gesetzen umwandeln. Die Bewohner der Mitte der, diesem Planeten zugewendeten Hälfte sehen die ungeheure Lichtscheibe immer in ihrem Zenithe und die des Randes immer in ihrem Horizonte. Eine Reise von 440 Meilen, zweimal so weit als von Wien nach Neapel, würde schon hinreichen, diese große Scheibe des Hauptplaneten aus dem Zenithe des Wanderers in seinen Horizont herab zu ziehen. Mit welchen Gefühlen mögen die Bewohner des Randes der hinteren, von Jupiter stets abgewendeten Hälfte dieses Mondes, nach einem Wege von nur wenigen Meilen, diesen ungeheuern Himmelskörper erblicken, der ihnen in seiner Oberfläche 37000 mal größer, als die so weit entfernte Sonne erscheint, und der ein blendendes Licht verbreitet, das mit dem unseres Vollmondes nicht weiter verglichen werden kann.

§. 151. (Entdeckung dieser Monde.) Bemerken wir noch, daß die Entdeckung dieser vier Monde, durch Galilei i. J. 1610, eine der ersten Früchte des nur kurz vorher erfundenen Fernrohrs, zugleich eine sehr merkwürdige Epoche in der Geschichte der Sternkunde begründet. Denn die erste astronomische Auflösung des großen Problems der *Meereslänge*, der wichtigsten und nützlichsten Aufgabe, die der menschliche Geist sich je vorgelegt hat, verdanken wir der Kenntniß dieser Monde. Auch datirt man mit Recht die eigentliche, letzte Bestätigung der Wahrheit des Copernicanischen Systems von der Entdeckung dieser vier Himmelskörper, die uns unser eigenes Sonnensystem gleichsam in einem Miniaturbilde zeigen, in welchem sich die drei Kepler'schen Gesetze (I. §. 147) und durch sie das Gesetz der allgemeinen Schwere abspiegeln, und in wenigen Monaten schon alle die periodischen Bewegungen zeigen, deren vollständige Entwicklung bei den Planeten selbst viele Jahrhunderte erfordert. Und als ob die Natur mit einer Art von Vorliebe diese kleinen, von uns mit freien Augen ganz unsichtbaren Lichtpunkte begünstigen und auf sie die interessantesten Züge der Geschichte der Sternkunde häufen wollte, so verdanken wir ihnen auch die große Entdeckung der Aberration des Lichtes (I. Kap. VI.) und durch dieselbe die Kenntniß der außerordentlichen Geschwindigkeit (I. §. 77) dieses wundervollen Elements.

§. 152. (Satelliten des Saturn und Uranus.) Viel weniger, als die Satelliten des Jupiter, sind uns die des Saturn und noch beinahe gar nicht die des Uranus bekannt. Die vorzüglichsten Elemente der sieben Monde Saturns wurden schon oben (I. §. 180) mitgetheilt. Wenn man ihre Umlaufszeiten mit ihren mittleren Entfernungen vergleicht, so sieht man, daß auch sie, so wie die Monde Jupiters, dem dritten Gesetze Kepler's (I. §. 146) gehorchen, so wie man durch lichtstarke Fernröhre, wenigstens an einigen derselben, auch schon die Gleichheit ihrer Revolution mit der Umdrehung um ihre Axe beobachtet haben will, eine Uebereinstimmung, die man bereits an so vielen Satelliten gefunden hat, daß man nicht weiter anstehen kann, sie als eine allen diesen Monden allmein zukommende Eigenschaft zu betrachten.

Der entfernteste oder der siebente dieser Monde hat allein noch eine etwas beträchtliche Neigung gegen die Ebene des Ringes, mit welcher die Bahnen der sechs übrigen nahe zusammenfallen. Dieser Mond ist zugleich derjenige, den man noch am besten durch Fernröhre sehen kann. Auch der sechste bietet in dieser Beziehung keine besonderen Schwierigkeiten dar; die drei nächstfolgenden sind schon sehr schwach und erfor-

Digitized by Google

dern sehr lichtstarke Fernröhre, um gesehen zu werden: während die zwei innersten, die beinahe den äußern Rand des Ringes streifen, nur mit unsern vorzüglichsten Fernröhren, und auch da nur unter den günstigsten Verhältnissen sichtbar werden. Zu der Zeit, wo der Ring dieses Planeten für gewöhnliche gute Fernröhre verschwindet, bemerkte sie der ältere Herschel i. J. 1789, mit einem Reflector von vier Fuß Oeffnung, gleich zwei äußerst kleinen Perlen, die eine feine Silberschnur, wie ihm der Ring erschien, zu beiden Seiten begränzten und bald darauf hastig wieder zu dieser Schnur zurück zu eilen schienen, um sich, auf ihre gewohnte Weise, wieder hinter derselben zu verbergen. Uebrigens ist die große Neigung der Bahnen dieser Satelliten gegen die Ekliptik Saturns — sie beträgt über 27 Grade — die Ursache, warum sie so äußerst selten von ihrem Hauptplaneten verfinstert werden, während im Gegentheile die vier, oder wenigstens die drei nächsten Monde Jupiters bei jedem Vollichte derselben durch den Schatten ihres Centralkörpers gehen.

Von den Satelliten des Uranus ist bereits das Wenige, was uns die Beobachtungen bekannt gegeben haben, oben (I. §. 181) mitgetheilt worden, daher wir hier derselben nicht weiter erwähnen.

§. 153. (Uebersicht des ganzen Planetensystems.) Zum bequemeren Ueberblicke der Verhältnisse, Größe, Entfernungen u. s. der einzelnen Körper unseres Sonnensystems hat man die vorzüglichsten Elemente derselben in Tafeln gebracht. Wir haben diejenigen, welche die Planeten betreffen, schon in der ersten Hauptabtheilung (§. 142. 149.) gegeben und fügen ihnen hier nur noch die Massen, Dichtigkeiten, die Rotation und Fallhöhen auf ihrer Oberfläche bei, um dadurch jene Angaben zu vervollständigen. Ihnen folgen dann die tabellarischen Uebersichten der Elemente des Mondes und der übrigen Satelliten.

Digitized by Google

Tafel I.

Massen und Dichtigkeiten der Planeten.

	Masse, die der Erde = 1	Masse, die der Sonne = 1	Dichte, die der Erde = 1	Dichte, die des Wassers = 1	Oberfläche, die der Erde = 1	Volum, das der Erde = 1	Volum in Mill. Kubik-Meilen
Merkur	0.16	$^1/_{2025810}$	3.61	17.7	0.12	0.04	104
Venus	0.92	$^1/_{405871}$	1.07	5.2	0.90	0.85	2280
Erde	1.00	$^1/_{355000}$	1.00	4.9	1.00	1.00	660
Mars	0.13	$^1/_{2546820}$	0.70	3.3	0.32	0.18	467
Vesta	—	—	—	—	0.001	0.00004	0.1
Juno	—	—	—	—	0.03	0.005	14
Ceres	—	—	—	—	0.04	0.008	212
Pallas	—	—	—	—	0.07	0.017	45
Jupiter	340	$^1/_{1054}$	0.25	1.1	121.1	1333	3500000
Saturn	93	$^1/_{3512}$	0.20	0.5	95.2	929	2500000
Uranus	17	$^1/_{21000}$	0.25	1.0	17.9	76	201200

Die Masse der Sonne ist 355000 mal größer als die der Erde, und die des Mondes ist $^1/_{70}$ von jener der Erde. Die Dichte der Sonne ist $^1/_4$ der mittlern Dichte der Erde oder 1.22 der Dichte des reinen Wassers. Das Volum oder der körperliche Inhalt der Sonne ist 1300000 mal größer als das der Erde, oder es beträgt nahe 3500 Billionen Kubikmeilen. Das Volum des Mondes ist nur $^1/_{50}$ von dem der Erde.

Tafel II.

Geschwindigkeit, Abplattung u. s. der Planeten.

	Geschwindigkeit in der Bahn um die Sonne in 88 Tagen	Geschwindigkeit in 1 Secunde in Meil. in d. Bahn	Dauer der Rotation	Geschwindigk. ein. Punkt. d. Aequat. in d. tägl. Beweg. In Par. Fuß	Fall gegen die Sonne in einer Secunde. In Par. Linien	Fall der Körper auf der Oberfläche in einer Secunde. In Par. Fuß	Abplattung.
Merkur	360°	6.7	24 St. 5.5 M	504	8.5	14.1	—
Venus	140.9	4.9	23 21.8	1430	2.4	15.9	—
Erde	86.7	4.7	23 56.07	1422	1.3	15.1	1/300
Mars	46.1	3.4	24 39.3	798	0.5	6.3	1/16
Vesta	23.9	2.7	—	—	0.2	—	—
Juno	19.9	2.6	—	—	0.2	—	—
Ceres	18.8	2.5	—	—	0.2	—	—
Pallas	18.8	2.5	—	—	0.2	—	—
Jupiter	7.3	1.7	9 55.7	39070	0.05	38.8	1/13
Saturn	2.9	1.3	10 16.0	33500	0.01	15.1	1/11
Uranus	1.0	1.0	—	—	0.003	14.6	—

Die Dauer der Rotation der Sonne beträgt 25½ Tag, und auf ihrer Oberfläche fallen die Körper in der ersten Secunde durch 430 Par. Fuß.

Digitized by Google

Tafel III.

Elemente des Mondes.

Siderische Revolution des Mondes	27 T.	7 St.	43'.192	
Tropische " " "	27	7	43.078	
Synodische " " "	29	12	44.047	
Drachenmonat	27	5	5.59	
Neigung der Bahn gegen die Ekliptik	5°	8.78		
Mittlere Horizontal-Parallaxe am Aequator	0°	57.01		
Siderische Revolution der Knoten	6793 T.	6 St.	51.65	
Tropische " " "	6798	4	14.93	
Scheinbarer mittlerer Durchmesser von der Erde gesehen	0°	31'	8".0	
" " " von der Sonne gesehen	0°	0	9.3	
Siderische Revolution der Apsiden	3232 T.	13 St.	37.25	
Tropische " " "	3231	11	4.12	
Scheinb. mittl. Durchmesser der Erde vom Monde gesehen	1°	54.02		
Excentricität der Bahn in Theilen der halb. großen Axe . . .	0.0550			
" " " in Meilen	4120			
" " " in Erdhalbmessern	4.791			
Wahrer Durchmesser in Meilen	466			
Mittlere Entfernung vom Mittelpunkt der Erde in Erdhalbmessern	60.2960			
" " in Meilen	51600.0000			
" " in Halbmessern der Erdbahn	0.00251			
Verhältniß des Mondes zur Erde im Durchmesser	$^3/_{11}$			
" " " " " in der Oberfläche	$^1/_{14}$			
" " " " " im Volum	$^1/_{50}$			
" " " " " in der Masse	$^1/_{70}$			
" " " " " in der Dichte	$^2/_5$			
Fall der Körper auf der Oberfläche des Mondes in 1 Sec.	2.8 Par. Fuß.			

Digitized by Google

Tafel IV.

Elemente der Jupiter-Satelliten.

	Tropische Revolution.	Mittlere Entfernung vom Mittelpunkte Jupiters.		Neigung der Bahnen gegen die des Jupiter	Länge des aufsteigenden Knotens in der Ekliptik	Wahrer Durchmesser in Meilen
		in Halbmessern der Erdbahn	in Halbmessern Jupiters			
I	1 T. 18 St. 27.55 M.	0.00258	5.698	3° 18′	314° 40′	560
II	3 13 13.70	0.00410	9.066	3 46	313 45	460
III	7 3 42.55	0.00654	14.462	3 26	314 24	810
IV	16 16 32.15	0.0115	25.436	2 36	316 39	566

	Scheinbarer Durchmesser.		Masse, die des Jupiter = 1	Dichte, die des Jupiter = 1	Fall der Körper auf der Oberfläche in 1 Secunde. In Par. Fuß	Fall gegen Jupiter in 1 Secunde. In Par. Fuß	Bewegung in 1 Stunde in der Bahn. In Meilen
	Auf Jupiters Mittelpunkt	Mittlerer auf der Erde					
I	33′ 16″	1″.4	0.00002	0.7	0.8	11.2	8800
II	17 13	1.1	0.00002	1.7	1.6	4.4	7000
III	19 0	2.0	0.00009	1.2	2.0	1.7	5500
IV	7 32	1.4	0.00004	1.7	1.9	0.6	4200

Digitized by Google

Tafel V.
Elemente der Saturn-Satelliten.

	Tropische Revolution	Mittlere Entfernung vom Mittelpunkt Saturns		Neigung der Bahn gegen die Saturns	Durchmesser in Meilen
		in Halbmessern der Erdbahn	in Halbmessern Saturns		
	T. St. M.				
I	0 22 37.5	0.00132	3.185	28° 34′	—
II	1 8 53.1	0.00170	4.088	28 34	—
III	1 21 18.4	0.00201	4.833	28 34	104
IV	2 17 44.8	0.00259	6.222	28 34	104
V	4 12 25.2	0.00361	8.666	28 34	256
VI	15 22 41.2	0.00832	20.000	28 34	680
VII	79 7 53.7	0.02416	58.050	22 42	388

Tafel VI.
Elemente der Uranus-Satelliten.

	Tropische Revolution	Mittlere Entfernung vom Mittelpunkt des Uranus	
		In Halbmessern der Erdbahn	In Halbmessern des Uranus
I	5 T. 21 St. 25 M.	0.00237	13.131
II	8 17 1	0.00308	17.039
III	10 23 4	0.00358	19.861
IV	13 11 5	0.00411	22.776
V	38 1 49	0.00823	45.550
VI	107 16 40	0.01608	89.043

§. 154. (Graphische Darstellung der vorzüglichsten Elemente des Sonnensystems.) Die Zahlen der vorhergehenden Tafeln sind mehr als hinreichend, um uns von der Ausdehnung und den Verhältnissen der Planeten und Satellitenbahnen eine vollständige Kenntniß zu geben. Nach ihnen sind, diese Gegenstände noch anschaulicher darzustellen, die folgenden Zeichnungen entworfen worden, in welchen man die Verhältnisse gleichsam mit einem Blicke übersehen kann.

In Fig. 55 sind die Bahnen der Planeten mit den fünf merkwürdigsten Kometenbahnen in ihren gehörigen Verhältnissen zu einander

Digitized by Google

dargestellt. Der äußere, das Ganze umfassende Kreis, in dessen Mittelpunkte die Sonne ist, kann als die Ekliptik, die hier mit der Ebene des Papiers zusammenfällt, betrachtet werden. Die Peripherie dieses Kreises kann man sich in 360 gleiche Theile oder Grade getheilt vorstellen, so daß bei ♈ die Zahl 0°, bei ♎ die Zahl 90, bei ♑ die Zahl 180° und endlich bei ♋ die Zahl 270° zu stehen kömmt, wo dann diese Grade die heliocentrischen oder von der Sonne gesehenen Längen andeuten. So erscheint hier z. B. Jupiter in seiner Bahn, in der heliocentrischen Länge von 134° und Saturn in der Länge von 223° verzeichnet. Die aufsteigenden Knoten der Bahnen sind durch ☊ und ihnen gegenüber die niedersteigenden durch ☋ angezeigt. Derjenige Theil der Bahn, der über der Ekliptik oder auf der Nordseite derselben liegt, ist ganz ausgezogen, die andere, unter der Ekliptik liegende Hälfte der Bahn aber ist durch eine punktirte Linie angezeigt worden. Die Pfeile deuten die Richtung der Bewegung an, die bei allen direct ist, oder von West nach Ost geht, blos den Halley'schen Kometen ausgenommen, der retrograd ist, oder von Ost gen West geht. Die beiden geraden, punktirten, auf die großen Axen der Kometenbahnen von Olbers und Halley senkrechten Linien sind die kleinen Axen dieser Bahnen. Die bloße Ansicht der Zeichnung zeigt schon die Ergänzung dieser beiden Kometenbahnen über die Peripherie des das Ganze umfassenden Kreises. Wenn man in diese Planetenbahnen auch noch die Orte der Perihelien und Aphelien derselben eintragen will, so kann man dieß nach der Tafel I. §. 142. So ist z. B. für die Uranusbahn die Länge des Periheliums im 167sten Grade mit P, und ihr gegenüber die Länge des Apheliums im 347sten Grade mit A bezeichnet worden. Zieht man dann durch beide Punkte A und B eine gerade Linie, so drückt diese durch die Sonne gehende Gerade die große Axe der Planetenbahn aus. Halbirt man dieselbe Gerade, so drückt die Distanz dieses Halbirungspunktes von der Sonne die Excentricität der Planetenbahnen, in Halbmessern der Erdbahn gerechnet, aus. Uebrigens sind alle diese Planeten- und Kometenbahnen so vorgestellt, wie sie sich einem Auge hoch über der Sonne darstellen, welches diese Bahnen auf die Ebene der Ekliptik projicirt sieht.

Die Zeichnung Fig. 56 enthält die sämmtlichen Planeten in ihrer verhältnißmäßigen Größe und mit ihren Monden in derselben verhältnißmäßigen Entfernung dargestellt, die in der Natur selbst statt hat, bloß die zwei äußersten Monde von Saturn und Uranus ausgenommen, die eigentlich über die Ebene der Zeichnung weiter hinausgerückt werden sollten, daher allen diesen Monden ihre Distanzen von dem Mittelpunkt ihrer Hauptplaneten, in deutsche Meilen ausgedrückt, beigefügt sind. Die beiden punktirten Bogen an den Polen von Jupiter, Saturn und Uranus zeigen die Größe der Abplattung, und die zwei größeren Bogen bei Saturn zeigen die äußerste oder am meisten geöffnete Lage des Ringes, welche derselbe, von der Erde gesehen, noch annehmen kann.

Die Zeichnung Fig. 57 gibt die scheinbaren Durchmesser der Planeten oder die Winkel, unter welchen uns die wahren Durchmesser derselben erscheinen und zwar die größten, wenn sie uns am nächsten stehen, und die kleinsten, wenn diese Planeten am weitesten von uns entfernt sind. Für beide Zeichnungen stellt die obere gerade Linie AB der Fig. 56 den wahren sowohl, als auch den scheinbaren Sonnendurchmesser. Nämlich wenn diese Linie AB für den wahren Durchmesser der Sonne gilt, so werden die wahren Durchmesser der Planeten, des Saturnringes und der Distanzen der Satelliten von den Mittelpunkten ihrer Hauptplaneten in demselben Verhältnisse durch die Zeichnungen

Digitized by Google

der Fig. 56 dargestellt. Bezeichnet aber dieselbe gerade Linie AB den scheinbaren Durchmesser der Sonne (der im Mittel 32 Minuten oder 1920 Secunden beträgt), so geben die Durchmesser der in Fig. 57 verzeichneten Kreise in demselben Verhältnisse auch die scheinbaren größten und kleinsten Durchmesser der Planeten, so wie sie von der Erde gesehen werden, alles nach der zweiten Tafel von I. §. 149.

Die Zeichnung Fig. 58 endlich zeigt die relativen Geschwindigkeiten oder die Winkelbewegungen der Planeten um die Sonne während der Zeit von 88 Tagen, in welcher Merkur seine ganze Bahn um die Sonne zurücklegt, übereinstimmend mit der ersten Columne der vorhergehenden Tafel II.

Kapitel XI.

Kometen.

§. 155. (Anzahl der Kometen.) Nebst den eilf Planeten und ihren achtzehn Satelliten, die wir bisher betrachtet haben, gibt es noch eine große Anzahl anderer Himmelskörper, die ebenfalls zu unserem Sonnensysteme gehören, da sie sich, wie die Planeten, um die Sonne bewegen, die sich aber von denselben gleich auf den ersten Blick durch ihre Gestalt unterscheiden. Die Kometen waren lange Zeit der Gegenstand der Besorgniß der Menschen, da sie dieselben für außerordentliche Vorzeichen von dem Zorne des Himmels hielten. Nachdem sich endlich diese Vorurtheile verloren haben, berechnen wir jetzt ihren regelmäßigen Lauf, ohne sie zu fürchten, aber auch ohne diese Himmelskörper näher zu kennen. Ihre Natur ist uns bisher eben so fremd geblieben, als die Absicht, mit welcher sie in den Weltraum gesetzt wurden.

Unsere Geschichtbücher erwähnen nahe fünfhundert Kometen, die sich bisher der Erde gezeigt haben sollen. Allein diese Zahl ist offenbar viel zu klein. In den früheren Zeiten, wo man noch keine Fernröhre hatte, wurden nur diejenigen Kometen bemerkt, die man mit freien Augen sehen konnte, und auch von diesen wurden nur die größeren der Verzeichnung in den Chroniken würdig gehalten. Allein es gibt sehr viele, die so klein und lichtschwach sind, daß sie dem unbewaffneten Auge gänzlich entgehen. Seit den Jahren 1769 bis 1807, also in 37 Jahren, erschien auch nicht ein einziger, dem gemeinen Mann auffallender Komet, und doch haben die Astronomen in derselben Zeit mit ihren Fernröhren nicht weniger als 36 nicht bloß gesehen, sondern auch förmlich beobachtet. Seit einigen Decennien, besonders seit sich die berühmten Kometenjäger

Digitized by Google

Messier und Pons mit diesem Gegenstande so eifrig beschäftigten, hat sich der Fleiß und das Glück, diese Himmelskörper aufzuspüren, so sehr vermehrt, daß man jetzt beinahe in jedem Jahre zwei bis drei neue Kometen findet. Wenn unsere Vorgänger eben so begünstigt gewesen wären, wie viele Kometen würden wir jetzt schon kennen gelernt haben in den sechstausend Jahren, seit welchen, wie wenigstens die Juden zählen, unsere Erde entstanden seyn soll? Auf jedes Jahr zwei gerechnet, würden wir schon 12000 derselben in unseren Verzeichnissen haben, und diese würden noch keineswegs alle seyn, welche in dieser Zeit der Erde in der That nahe kamen. Denn viele dieser Körper haben zu der Zeit, wo sie in die Nähe der Erde hinabsteigen, eine zu südliche Lage und halten sich daher nur unter den Fixsternen des südlichen Himmels, in der Nähe des Südpols unseres Aequators auf, welche Gegend von den Bewohnern Europa's nicht gesehen werden kann, weil sie ihnen von der Erde selbst verdeckt wird. (I. §. 8.) Die Leute im Staatenlande oder die Wilden in Neuholland haben sie vielleicht gesehen, aber von diesen Erscheinungen ist keine Nachricht zu uns gekommen, da man in jenen Ländern weder Geschichte zu schreiben, noch Kometen zu beobachten pflegt. Wieder andere hielten sich, wenn sie der Erde nahe kamen, nur unter denjenigen Sternbildern auf, in deren Nähe sich zugleich die Sonne bewegte: sie waren also nur bei Tage über dem Horizonte und konnten aus dieser Ursache wieder nicht gesehen werden. Viele andere endlich mochten nur zur Zeit einer trüben Witterung, bei bedecktem Himmel erscheinen und mußten deßwegen ebenfalls unbemerkt bleiben. Immerhin sieht man schon aus diesen allgemeinen Andeutungen, daß die Zahl dieser Himmelskörper die oben erwähnte gewiß weit übersteigt.

Wir haben bereits öfter bemerkt, daß die Planeten, wenigstens die älteren, durchaus nur eine sehr kleine Neigung gegen die Ekliptik haben, und daß sie sich alle nur nach einer Richtung, von West gegen Ost, bewegen. Beides ist bei den Kometen nicht mehr der Fall. Diese bewegen sich in allen möglichen Richtungen um die Sonne, und die Neigungen ihrer Bahnen umfassen alle Winkel von Null bis zu 180 Graden. Wenn also die Perihelien der Planeten, und überhaupt ihre ganzen Bahnen, sämmtlich sehr nahe in einer einzigen Ebene liegen, so sind dafür die Perihelien der Kometenbahnen rings um die Sonne nach allen Richtungen, nicht mehr in einer Ebene, sondern gleichsam in einem kugelförmigen Raume vertheilt. Da diese Himmelskörper, wie wir bald sehen werden, sehr langgestreckte elliptische Bahnen beschreiben, auf welchen sie sich, in ihren Aphelien, sehr weit von der Sonne entfernen, so kann man sie im Allgemeinen nur dann gut sehen, wenn sie in der Nähe ihrer Perihelien sind, oder wenn sie nahe zur Sonne, also auch näher zur Erde kommen, weil diese, in Beziehung auf jene großen Kometenbahnen, selbst nie weit von der Sonne entfernt ist.

Nun findet man aber, daß von den bisher beobachteten Kometen 20 ihre Perihelien innerhalb der Merkursbahn, und schon nahe 70 innerhalb der viel größeren Vennsbahn liegen haben. Diese beiden Zahlen verhalten sich aber nahe wie die Quadrate der Halbmesser dieser beiden Planetenbahnen. Denn, wenn man, nach Taf. II. des vorhergehenden Kapitels, den Halbmesser der Merkursbahn für die Einheit annimmt, so ist der Halbmesser der Vennsbahn gleich 1.87 und das Quadrat derselben $3^1/_2$, und eben so ist auch 70 durch 20 dividirt gleich $3^1/_2$. Setzt man dieses Verhältniß der Quadrate der Halbmesser, für dessen Wahrscheinlichkeit man auch noch andere gute, geometrische Gründe hat, auf die übrigen Planetenbahnen fort, so würde daraus folgen, daß die

Digitized by Google

Anzahl der Perihelien, die zwischen die Bahn der Venus und die des Uranus fallen, sich wie die Quadrate von 1 und 28, das heißt, wie die Zahlen 1 und 784 verhalten. Da es nun, nach dem Vorhergehenden, 70 Kometenbahnen gibt, deren Perihelien innerhalb der Venusbahn fallen, so würde es 70mal 784 oder 51880 Kometenbahnen geben, deren Perihelien noch innerhalb der Uranusbahn liegen. Diese Zahl aber, so groß sie auch erscheinen mag, ist doch gewiß immer noch zu klein, weil wir von den in die Venusbahn fallenden Kometen nur die bisher in der That gesehenen 70 unserer Rechnung zu Grunde gelegt haben, da es doch gewiß noch viele geben wird, die wir aus den oben angeführten Gründen nicht gesehen haben.

Welch ein Heer von neuen Himmelskörpern, gegen das jenes kleine Häufchen von eilf Planeten und achtzehn Monden ganz verschwindet! Wohl wird man also künftig sagen können, daß nicht diese Planeten es sind, die man als die einzigen Bewohner des Haushalts unserer Sonne ansehen kann, sondern daß die Kometen das eigentliche Volk dieses großen Staates bilden. Jene eilf sind nur wie besonders Begünstigte zu betrachten, die den Thron dieses Reiches zunächst umgeben und sich in seinen Strahlen sonnen, während diese, selbstständig und nicht von fremden Wohlthaten lebend, die weiten Provinzen der Monarchie bewohnen und nur zuweilen sich jenen engeren Kreisen nähern, um ihren Tribut zu entrichten oder um Nachrichten von den fernsten Gränzen des Reichs vor den Thron zu bringen, und sich dann wieder zurück begeben, um, fern von dem strahlenden Prunke des Hofes in Dunkelheit und unbekannt, aber vielleicht eben darum nur um so glücklicher, ihre übrigen Tage zu verleben.

§. 156. (Gestalt der Kometen.) Es ist bereits im Eingange dieses Kapitels gesagt worden, daß die äußere Form der Kometen Jedermann bei dem ersten Blicke schon auffällt. Bei einer näheren Betrachtung derselben bemerkt man an ihnen vorzüglich drei, wie es scheint, wesentlich verschiedene Theile: den Kern, die Nebelhülle und den sogenannten Schweif.

Der Kern ist gewöhnlich klein, rund und durch ein helleres Licht ausgezeichnet, obschon die Intensität dieses Lichtes jener der Planeten meistens weit nachsteht. Viele Kometen haben übrigens auch keine Spur von einem solchen Kern, und diese scheinen daher bloße Anhäufungen von Dünsten zu seyn. Immer aber sind sie gewöhnlich schlecht beleuchtet und noch schlechter begränzt, daher auch die Beobachter über die Größe derselben so verschiedene Resultate erhalten. Hier folgen einige solche Messungen des Durchmessers dieser Kerne in deutschen Meilen, wie sie uns Herschel und Schröter gegeben haben.

	nach Herschel	nach Schröter
Komet des Jahrs 1798	5	27 Meilen
» » » 1805	6	30 »
» » » 1807	110	1000 »
» » » 1811	550	900 »

Die Nebelhülle scheint der, den Kometen eigentlich charakteristische Theil zu seyn, da man wohl schon viele ohne Kern und Schweif, aber noch keinen ohne diese Dunsthülle gesehen hat. Sie umgibt den Kern meistens in einer kugelförmigen, auf einer Seite, gewöhnlich auf der Seite des Schweifes, verlängerten oder geöffneten Gestalt, so daß dann der Schweif als die Fortsetzung jener Dunsthülle erscheint. Sie ist meistens so locker und fein, daß sie nur unseren dünnen Nebeln zu ver-

Digitized by Google

gleichen seyn mag, und daß man die Sterne mit beinahe ungeschwächtem Lichte durch sie blinken sieht. Meistens umgibt sie den Kern nicht zunächst, sondern erst in einiger Entfernung, und so, daß der Kern an seiner nächsten Gränze von einer dunklern Einfassung und erst in einer größern Entfernung von jener lichtern Dunsthülle umschlossen erscheint. Bei mehreren Kometen hat man auch zwei und selbst drei solcher hellern Ringe gesehen, die durch dunklere von einander getrennt waren. Das Ganze hat das Aussehen, als wenn der eigentliche Körper, der Kern des Kometen, von mehreren concentrischen, von einander getrennten, hellen Wolkenschichten umgeben wäre. Nach Herschel sind diese Ringe transparente Atmosphären des Kometen, gebildet aus der durch die Sonnenhitze in den Perihelien rarificirten Masse des Kerns, welche Masse durch ihr geringeres specifisches Gewicht über der Oberfläche des Kerns aufsteigt und ihn dann als eine leuchtende Wolke ringsum einschließt. Man hat öfter schon große Aenderungen in diesen Nebenhüllen bemerkt. So sah Schröter die Hülle des Kometen von 1799 und von 1807 in dem Laufe eines Tages schon bis auf den vierten Theil ihres Durchmessers sich erweitern und wieder zusammenziehen.

Der Schweif ist, wie gesagt, als die Fortsetzung jener Dunsthülle zu betrachten, welche letztere dort, wo sie geöffnet erscheint, in den eigentlichen Schweif ausläuft. Schon Apian (Bienewitz) stellte im Jahr 1531 die Behauptung auf, daß dieser Schweif des Kometen immer in der Verlängerung derjenigen geraden Linie liege, welche die Sonne mit dem Kometen verbindet. Aber davon ist eigentlich nur wahr, daß der Schweif meistens auf der von der Sonne abgewendeten Seite des Kometen steht. Denn oft ist er gegen jene Linie sehr stark, bis zu einem rechten Winkel geneigt und zwar dann immer nach derjenigen Gegend hin, welche der Komet in seinem Laufe so eben verlassen hat. Da diese Neigung des Schweifes gegen das Ende desselben zuzunehmen pflegt, so erscheint er uns meistens gekrümmt und zwar so, daß seine concave Seite immer nach derjenigen Gegend hingerichtet ist, nach welcher der Komet selbst geht, so wie auch diese concave oder innere Seite des Schweifes immer heller und schärfer begränzt erscheint, als die äußere, convexe Seite desselben.

§. 157. (Größe der Schweife der Kometen.) Man hat bereits Kometen beobachtet, die zwei, drei und selbst mehrere Schweife hatten, die meistens alle nach derselben Gegend hin gerichtet sind. Der sonderbare Komet von dem Jahre 1823 hatte zwei Schweife, die einander gegenüber standen, so daß der eine derselben der Sonne zugekehrt und der andere von ihr abgewendet war; eine höchst auffallende Erscheinung, welche die bisher mit viel sogenannter Gelehrsamkeit entwickelten Theorien über die Entstehung dieser Schweife in nicht geringe Verlegenheit setzte. Der Komet vom Jahre 1741 hatte sogar sechs Schweife, oder sein Schweif erschien wenigstens in sechs Theile gespalten, deren jeder 4 Grade breit und 30 bis 40 Grade lang war. Wunderbarer noch sind die äußerst heftigen Bewegungen, die mancher Beobachter, z. B. Chladni bei dem großen Kometen von 1811, bemerkt haben will, der sehr schnelle, gleichsam zuckende Verlängerungen und Verkürzungen dieses Schweifes sah, mit welchen die leuchtende Masse dieser Schweife in einer einzigen Secunde den Weg von einer Million Meilen hin- und wieder zurückschoß, eine Geschwindigkeit, die selbst jene des Lichtes weit übertreffen würde.

Auf welche Weise und durch welche Mittel diese Schweife auch entstehen mögen, immer wird man die Ursache derselben in der Sonne

Digitized by Google

suchen müssen. Denn sie fangen immer erst dann an sich zu bilden, wenn der Komet der Sonne näher kömmt; sie wachsen mit dieser Annäherung und nehmen auch, mit der Entfernung des Kometen von der Sonne, allmählig wieder ab. Es ist möglich und selbst nicht unwahrscheinlich, daß viele dieser Himmelskörper, die in der Nähe der Sonne durch die Hitze derselben in eine feine Dunstmasse aufgelöst werden, in großen Entfernungen von ihr, durch die dort herrschende Kälte, wieder zu sehr kleinen und festen Körpern concentrirt werden.

Diese Schweife der Kometen sind oft sehr lang und verbreiten sich über einen großen Theil des Himmels. Der Komet von 1456 hatte einen Schweif, der sich über 60 Grade erstreckte, also den dritten Theil des uns sichtbaren Himmels einnahm. Zu Keplers Zeiten, i. J. 1618, im ersten Jahre des dreißigjährigen Krieges, erschien ein Komet, dessen Schweif eine Länge von mehr als 100 Graden hatte. Auch der vom Jahre 1769 hatte einen über 90 Grade langen Schweif.

Die Größe und Gestalt dieser Schweife ist übrigens, auch bei demselben Kometen und während derselben Erscheinung desselben, öfters verschieden. Der Halley'sche Komet, von dem wir später mehr sprechen werden, erschien i. J. 1456, wo er der Erde näher vorbeiging, sehr groß und hell erleuchtet, cometa horrendae magnitudinis, wie der Chronist jener Zeit ihn beschrieb. Sein Schweif hatte eine Länge von 60 Graden. In einer nicht viel geringeren Pracht zeigte er sich in seinen zwei nächstfolgenden Besuchen, in den Jahren 1531 und 1607. Aber bei seiner dritten Wiederkunft, i. J. 1682, erschien er schon schwächer und kleiner, und seine beiden letzten Erscheinungen v. J. 1759 und 1835 waren noch weniger ausgezeichnet. — Ueberhaupt erscheinen die Kometen und ihre Schweife immer am größten, einige Zeit nach dem Durchgange durch ihr Perihelium, zum Beweise, daß die große Hitze, welche sie in dieser Nähe der Sonne erleiden, die eigentliche Ursache ihrer Entwicklung und Ausdehnung ist. Vielleicht würde es unserer Erde, wenn sie sich der Sonne so sehr nähern könnte, nicht besser geben; sie würde wahrscheinlich auch glühend werden und wie erhitztes Metall in Fluß gerathen, das Wasser der Flüsse und Meere würde zu kochen anfangen und sich in Dunstgestalt erheben; unsere Atmosphäre würde sich auf eine große Höhe über die Erde erstrecken, und wenn sie, wegen dem Widerstande des Aethers oder aus irgend einer andern Ursache, dem Kern derselben auf seinem schnellen Laufe um die Sonne nicht so geschwind folgen könnte, ebenfalls die Gestalt eines Schweifes annehmen.

Die meisten größeren Kometschweife erscheinen in ihrer Mitte, der Länge nach, durch einen dunklern, breiten Streifen getheilt, wodurch sie das Ansehen erhalten, als ob sie doppelt wären. Die älteren Astronomen hielten diesen dunklen Streifen für den Schatten, welchen der auf seiner vordern Seite von der Sonne beschienene Kern hinter sich wirft. Allein diese Meinung ist unrichtig, da man diese Streifen auch bei jenen Kometen bemerkt, deren Schweife sehr große Winkel mit derjenigen Linie bilden, die den Kometen mit der Sonne verbindet, auf welcher letzten Linie doch jener Schatten immer liegen müßte. Viel angemessener scheint die Vorstellung zu seyn, daß der Schweif des Kometen nicht, wie man gewöhnlich glaubt, eine ruthenartige Fortsetzung seines Hauptkörpers, sondern daß er ein hohler, mit einem eigenen schwachen Lichte versehener, durchsichtiger Dunstkegel ist, der uns dann natürlich an seinen beiden Rändern viel heller, als in seiner Mitte, erscheinen muß. So sah man den schönen Kometen von 1811 durch gute Fernröhre mit

Digitized by Google

seinem hellen Kopfe ganz auf die Art, wie man etwa ein kugelförmiges Licht in dem Brennpunkte einer durchsichtigen, parabolischen Glasglocke sehen würde. Der eigentliche Kopf desselben hatte eine schwache, grünblaue Farbe, die in ihrer Mitte ins Röthliche überging. Der Halbmesser dieses kugelförmigen Kopfes, in dessen Mitte ein auffallend heller Punkt, der eigentliche Kern, sich befand, hatte, nach Herschels Messungen, 14000 d. Meilen. Diesen Kopf umgab ein Ring von dunkelgrauer Farbe, dessen äußerer Kreis einen Halbmesser von 55000 Meilen hatte und dessen Breite daher 41000 M. betrug. Durch diesen dunklen Ring sah man die kleinsten Sterne mit ganz ungeschwächtem Lichte durchschimmern. Diese dunkle Kugelschichte war wieder von einer helleren umgeben, deren Breite 15000 M. betrug, und die sich daher bis 70000 M. von dem Mittelpunkte des Kopfes erstreckte. Diese letzte Kugelschichte war aber, auf der von der Sonne abgewendeten Seite offen und lief hier, an den beiden Enden der Oeffnung, in zwei Lichtströme aus, die sich auf viele Millionen Meilen erstreckten und dem Ganzen das Ansehen eines ungeheuern, parabolischen Trichters gaben, dessen gelbliches Licht einen auffallenden Contrast mit der grünblauen Farbe des Kopfes bildete. In Fig. 78 ist der Komet des Jahres 1819 abgebildet, keiner von den größten, aber doch einer der letzten von den bisher erschienenen, der mit freien Augen gesehen werden konnte.

Dieser Zeichnung folgen noch drei andere (Fig. 80, 81 und 82) von dem großen Kometen des Jahres 1811 und eine (Fig. 83) von Encke's Kometen. Der Komet von 1811 zeigte noch nach der Mitte Augusts keinen Kern und erschien nur als eine gedrängte Nebelmasse. Am 10ten September, wo er seinem Perihel schon nahe war, hatte er die in der Zeichnung Fig. 80 gegebene Gestalt, wo der nahe zehn Grade lange Schweif in zwei Aeste gespalten war, die durch einen dunklen Raum bed getrennt waren. Dieser dunkle Raum umgab auch den Kopf des Kometen in Gestalt eines Ringes aa, so daß die eigentliche Hülle dieses Kometen den Kopf desselben nicht berührte und von ihm ganz getrennt erschien. Auch an diesem Tage, wo er zwischen ψ und ω im Hinterfuße des großen Bären stand, zeigte der Komet noch keinen eigentlichen Kern, sondern nur eine etwas lichtere, runde, schlecht begränzte Scheibe zwischen α und a. In der zweiten Zeichnung (Fig. 81) ist er für den 15ten October dargestellt, wo er nördlich am Kopfe des Bootes stand und in seinem größten Glanze war. Die Länge seines Schweifes maß nahe 15 Grade. Die Breite des dunklen Ringes aa um den Kopf betrug nahe 5 Raum-Minuten, und man sah mehre Sterne der 10ten bis 11ten Größe durch diesen Ring ungeschwächt durchschimmern. Der Komet stand jetzt nahe in seiner Erdnähe und war von der Erde 1.23 Halbmesser der Erdbahn entfernt. Die Zeichnung Fig. 82 gibt die Gestalt und Dimensionen dieses Kometen, wie sie Olbers am 7ten Sept. bestimmt hat. Die Scheibe oder der Kopf C war rund, schlecht begränzt und hatte 2 Min. Durchmesser. Der dunkle Raum fbadg um jenen Kopf wurde von einem hellen, breiten Bogen FBADG begränzt. Beider Gränzen waren nahe parabolisch. Die Messung gab CA = 6.9 Min., BD = 23.3 M., und wenn man auf der Axe ACE des Kometen die Linie CE = 35.3 M. nahm, so war FG = 55.0 M. Der innere dunkle Raum fbadg war immer noch merklich von der dunklen Bläue des Himmels außerhalb des Reifens FBADG verschieden. Der Punkt C war nahe der Brennpunkt der Parabel FBADG. Demnach war der Kern C gleichsam in einem ihn frei umgebenden parabolischen Conoid eingeschlossen. Olbers folgerte daraus, daß die von dem Kometen und seiner Atmosphäre ent-

Digitized by Google

wickelten Dämpfe, sowohl von dem Kometen, als auch von der Sonne abgestoßen werden, und daß sie sich demnach dort anhäufen, wo beide Abstoßungen sich mehr das Gleichgewicht halten, daher sich auch diese sonderbare Gestalt bisher noch nicht gezeigt hat, weil wahrscheinlich bei den meisten Kometen die eine oder die andere dieser beiden abstoßenden Kräfte zu sehr überwiegt, um mit der andern ins Gleichgewicht kommen zu können. Selbst durch die hellen parabolischen Reifen ließen sich noch Sterne der 8ten und 9ten Größe gut erkennen, obschon ihr Licht merklich geschwächt wurde. Die Länge des Schweifes betrug am 15ten October 12 Millionen d. Meilen. Es scheint, daß diese Dunsthülle der Kometen aus blassen, von einander abgesonderten, aus discreten Theilen bestehe, da diese Hülle wohl das Licht der Sterne schwächt, da sie das auf sie fallende Licht der Sonne noch so stark reflectirt, aber dabei doch gar keine strahlenbrechende Kraft auf die Lichtstrahlen äußert. Denn diese Kraft müßte sichtbar werden, so oft kleine Fixsterne jenen hellen Reifen der Kometenhülle nahe kommen. Diese Schweifmaterie hat also mit dem Aether, der den Himmelsraum erfüllt, nur gleichsam eine Mengung, nicht aber eine eigentliche Mischung eingegangen, und es ist mit ihm wie mit unserem Nebel, der ebenfalls nur aus abgesonderten, kleinen, mit der Luft gemengten Wassertheilchen besteht, den ebenfalls das Licht stark schwächt, stark zurückwirft, der aber doch gar keine von der Luft verschiedene strahlenbrechende Kraft hat. Es scheint ferner, daß es keineswegs immer dieselben Theilchen sind, die wir in den Kometenschweifen schimmern sehen, sondern daß sich vielmehr unaufhörlich aus dem Kometen Stoffe entwickeln und von ihm abgestoßen werden, wo sie dann in den Himmelsraum übergehen, um nie mehr mit dem Kometen wieder vereiniget zu werden. Diese Abstoßung findet zwar nur in der Nähe des Perihels Statt, aber sie mag doch hinreichen, dem Kometen bei jeder Zurückkunft zur Sonne einen großen Theil seiner Masse zu entziehen und ihn schwächer zu machen.

Die Zeichnung Fig. 83 endlich zeigt den Encke'schen Kometen, wie er am 30sten Nov. 1828 erschien. Der Unterschied der Gestalt mit dem von 1811 ist auffallend. Der gegenwärtige hatte die Form einer Kugel. Der hellste Theil k war weit von dem Mittelpunkte K der Nebelkugel entfernt und auch nicht im Mittelpunkte der ihn umgebenden helleren Kugel αβγδ. Die Linie fg deutet die Richtung von dem Kern k zur Sonne an. Der Durchmesser cd des ganzen Nebels betrug nahe 9 Min., der Durchmesser αγ der helleren Kugel hat 4 Min. Die Begränzung cad war eigentlich parabolisch und dieser ganze Theil cda viel heller, als der übrige cdb, der mehr kreisförmig und schlecht begränzt war. Zur Vergleichung mit den vorhergehenden Kometen sehe man noch den von dem Jahre 1819, der in Fig. 78 abgebildet ist, und dessen sich noch die Leser lebhaft erinnern werden.

§. 158. (Entstehung und Ausbildung der Kometen.) Es ist möglich, daß der dunklere Ring, den man so oft zwischen dem Kern und der eigentlichen lichten Dunsthülle bemerkt, eine eigene, durchsichtige, elastische Materie ist, welche diese beiden Gegenstände trennt. Auch kann die sehr geringe Schwere der Kometenmaterie die Ursache seyn, warum sich die elastische, gasartige Masse dieser Himmelskörper durch die Hitze so gewaltig ausdehnt. Wenn unsere Erde in ihrem Innern ausgehöhlt und die Masse derselben z. B. auf ihren tausendsten Theil reducirt wäre, so würde sich wahrscheinlich unsere Atmosphäre eben so ausdehnen, weit über die Oberfläche der Erde erheben und endlich, wegen dem schnellen Laufe der Erde, die Gestalt eines Kometenschweifes annehmen. Da man

Digitized by Google

übrigens nicht nur durch den Schweif, sondern auch durch die Dunsthülle dieser Kometen die feinsten Fixsterne mit fast ganz ungeschwächtem Lichte sieht, so scheint die Masse dieser Körper ganz ungemein fein und locker zu seyn, und vielleicht würden einige Kubikfuß unseres Wassers, einer so hohen Temperatur ausgesetzt, schon hinreichend seyn, ähnliche Erscheinungen zu erzeugen. Mehrere dieser Himmelskörper sind auch wohl bloße Dünste ohne alle feste, kernartige Masse, die sich, wenn sie eine Weile gedauert haben, oder wenn sie einem andern, größern und soliderm Körper, nahe vorbeigehen, auflösen und völlig verschwinden, indem sie, wie ein Thau, auf die Planeten fallen oder in die Sonne herabregnen. Daß einige derselben schon öfter erschienen sind und ihre elliptische Bahn um die Sonne nach bestimmten Gesetzen beschreiben, kann diese Meinung nicht umstoßen, da die Kometen in der Dichte ihrer Massen wahrscheinlich sehr verschieden seyn mögen, und da jede unserer Wolken, wenn sie in jene Gegenden des Weltraumes gebracht werden könnte, dieselben Erscheinungen hervorbringen würde. Wir werden bald noch andere Himmelskörper kennen lernen, die uns ebenfalls nur als ungemein ausgebreitete Nebelgebilde erscheinen, die sich in noch viel entfernteren Räumen, als die Kometen, bewegen, und die vielleicht nur Conglomerationen von einer das Weltall erfüllenden, äußerst feinen, durchsichtigen und elastischen Masse, des Aethers, sind. Die Kometen mögen diesen Aether, wo sie dichteren Schichten desselben begegnen, an sich ziehen, und wenn sie sich später der Sonne wieder nähern, entfernt sich vielleicht diese fremde Masse, welche die starke Annäherung zur Sonne nicht ertragen kann, wieder von dem Kometen und hängt anfangs nur mehr in der Gestalt eines Schweifes mit ihm zusammen, bis sie sich endlich ganz von ihm trennt. Bei dieser Hypothese könnten die Kometen im Allgemeinen gar wohl beständige Körper seyn, deren eigentlicher Körper unzerstört bleibt, während bloß die mit ihnen zufällig vereinigten fremdartigen Stoffe von jenen Veränderungen getroffen würden. Vielleicht ließe sich daraus zugleich erklären, warum die Gestalten dieser Körper, bei ihren verschiedenen Erscheinungen, so selten dieselben sind.

Nach unseren bisherigen Erfahrungen sind zwar alle Körper des Himmels und der Erde gegen einander schwer, d. h. sie ziehen sich gegenseitig an. Aber es wäre doch auch möglich, daß einige, daß selbst viele dieser Körper, die wir bisher noch nicht untersucht haben, davon eine Ausnahme machen. Wissen wir doch noch immer nicht, ob der Licht- oder Wärme-Stoff, wenn er anders existirt, eine Schwere habe oder nicht. Wenn dieß bei dem Lichtstoffe der Fall wäre, so müßte er sich, seit so vielen Jahrtausenden, schon längst um die Planeten angehäuft haben, wovon wir aber auch nicht die geringste Spur entdecken können. Und wenn es sonach in der That Körper ohne Schwere geben könnte, was hindert uns, noch einen Schritt weiter zu gehen und selbst Körper mit negativer Schwere, d. h. solche anzunehmen, welche die andern Körper nicht nur nicht anziehen, sondern sie von sich abstoßen. Die Chemie hat uns bereits solche Eigenschaften der einzelnen Theile der Körper in Menge kennen gelehrt. Wenn also die Sonne gegen den Kern des Kometen eine positive Schwere hat, so wird daraus die elliptische Bewegung der Kometen um die Sonne ganz so, wie bei den Planeten, erklärt. Wenn eben so der Kern des Kometen gegen seine Dunsthülle auch eine positive Schwere hat, so wird man daraus die kugelförmige Gestalt dieser Hülle nach denselben Gesetzen ableiten, nach welchen man die sphärische Gestalt der Planeten und ihre Abplattung an den Polen bestimmt. Hat aber auch endlich die Sonne gegen die Dunsthülle des Kometen eine

Digitized by Google

negative Schwere, so wird die Masse der Hülle von der Sonne nicht mehr angezogen, sondern abgestoßen werden, woraus man dann auch die Lage und Gestalt der Kometenschweife würde ableiten können.

Der berühmte L. Euler suchte im Gegentheile die sonderbare Gestalt der Kometen dadurch zu erklären, daß die Masse derselben von der Sonne so ausgedehnt und so weit von dem Kometenkern entfernt wird, daß sie endlich von diesem Kern gar nicht weiter angezogen, sondern ganz sich selbst und der eigenen Anziehung der Sonne überlassen bleibt. Walz in Nimes stellt die Meinung auf, daß der Weltäther um den Kometen eine Art von Atmosphäre bilde, wodurch die unteren Schichten des Kometen desto mehr zusammen gedrückt werden, je näher sie bei dem Mittelpunkte des Kometen liegen, etwa so, wie unsere Atmosphäre in ihrem untern Theile von den über ihr liegenden Schichten zusammengedrückt und verdunstet werde. Allein diese Erklärung könnte nur dann angenommen werden, wenn man zugleich zeigen kann, daß jener Aether die Nebelmaterie des Kometen nicht durchdringen kann. Auf eine mit Luft gefüllte Blase würde jene Erklärung wohl passen, aber wo ist hier die Blase, welche die Nebelhülle des Kometen einschließt?

Wie diese Sache auch stehen mag, so wird es jetzt noch angemessener seyn, Beobachtungen zu sammeln, als Hypothesen zu schmieden, des hypothèses gratuites, wie Arago sagt, des opinions sans bases, des véritables romans. Demnach wollen wir diese theoretischen Untersuchungen unseren Nachfolgern überlassen und wieder zu demjenigen übergehen, was uns unsere eigenen Erfahrungen an diesen Himmelskörpern gelehrt haben.

§. 159. (Sehr große Kometen.) Die meisten derjenigen Kometen, die wir in den letzten Decennien gesehen haben, waren nur sogenannte teleskopische Kometen, so klein und schwach beleuchtet, daß man sie nur durch Fernröhre und auch da oft schlecht genug erkennen konnte. Die beiden größten, die uns seit lange besucht haben, waren die von den Jahren 1807, 1811 und 1835, besonders der von 1811, der aber auch nicht zu den größten gezählt werden kann, die man in früheren Zeiten gesehen hat (Fig. 80 und 81). Wir wollen nur einige derselben näher anführen.

Die chinesischen Annalen erzählen, wie uns Thevenot in s. Hist. sinica berichtet, von einem Kometen, der bei Nacht alle Sterne durch seinen starken Glanz unsichtbar gemacht und die Nacht selbst in einen hellen Tag verwandelt haben soll. Nach dem Tode des Demetrius, sagt Seneca (nat. quaest. L. VII.), erschien ein Komet so groß als der Mond, der ganz roth und von sehr hellem Lichte war. Aristoteles schreibt von dem Kometen, der i. J. 371 vor Chr. G. erschien, daß sein heller und breiter Schweif den dritten Theil des sichtbaren Himmels eingenommen habe. Im Jahre 43 vor Chr. G., bald nach Cäsars Tod, erschien ein Komet, der so hell war, daß man ihn selbst am Mittag noch gut sehen konnte. Die Römer glaubten, daß er gekommen sey, den Geist des großen Dictators zu empfangen, um ihn dem Sitze der Götter zuzuführen. Selbst die Sonne, in blassen Schleier gehüllt, soll den Tod des außerordentlichen Mannes betrauert haben, und der Komet wurde deßhalb Julium Sidus genannt.

Zur Zeit Nero's, sechszig Jahre nach Chr. G., erschien ein Komet, der, nach Seneca's Berichten, die Strahlen der aufgehenden Sonne verdunkelte. Im Jahre 1402 erschienen zwei sehr große und helle Kometen. Der von 1532 konnte den ganzen Tag durch am Himmel gesehen werden. Der von 1456 hatte einen Schweif von 60 Graden Länge und der von

Digitized by Google

1618 einen von 100 Graden, so daß das Ende dieses Schweifes an dem Horizonte noch nicht aufgegangen war, obschon sein Kopf bereits die Mitte des Himmels einnahm, und dieser Schweif erschien um so furchtbarer, da er nicht in eine Spitze auslief, sondern vielmehr fächerartig sich immer mehr ausbreitete. Der Komet von 1680 war so groß, daß er, obschon sein Kopf bald nach der Sonne unterging, doch die ganze Nacht hindurch einen Theil seines über 70 Grade langen und sehr breiten Schweifes über dem Horizonte zeigte. Der vorletzte der bisher gesehenen großen Kometen war der von 1744, dessen Licht, nach dem Berichte der Astronomen jener Zeit, am 1sten Februar d. J. schon heller, als das des Sirius war, der am 8ten Februar an Helligkeit den Jupiter, und im Anfange des März selbst die Venus in ihrem größten Glanze übertraf, so daß man ihn, an beschatteten Stellen, um 1 Uhr nach dem Mittage mit freien Augen sehr gut sehen konnte. Der letzte große Komet endlich war der vom Jahre 1769, dessen Schweif über 90 Grade lang war, und dessen sich wohl die Aelteren meiner Leser noch erinnern werden.

Wir haben hier, nach dem Gebrauche der Astronomen, die Länge der Kometenschweife in Graden, also nur die Winkel angegeben, unter welchen sie, von der Erde gesehen, erschienen sind. Einen deutlicheren Begriff von ihrer Ausdehnung würden wir erhalten, wenn wir dieselben in Meilen angeben könnten. Allein das ist oft schwer, weil man, wenn auch die Entfernung der Kometen von der Erde, so doch nicht die Lage ihres Schweifes gegen unsere Gesichtslinie genau angeben kann. Wegen dieser Lage erscheinen sie uns oft sehr verkürzt, wozu noch die meistens sehr schwache und unbestimmte Begränzung derselben an ihren von dem Kern entfernteren Enden kömmt. Schröter und Herschel haben es indeß versucht, die Größe dieser Schweife auf solche Art zu bestimmen. Sie fanden die Länge des Schweifes des Kometen von 1744 gleich sieben Millionen Meilen, und die von 1769 über zehn, die von 1680 gegen zwanzig und endlich die von 1811 über zwei und zwanzig Millionen Meilen.

Man muß demnach die Kometen nicht nur als die bei weitem zahlreichsten, sondern auch als die größten Körper unseres Sonnensystems ansehen. Diese Schweife erstrecken sich, wie wir gesehen haben, oft über einen Raum, der größer ist, als die Entfernung der Erde von der Sonne, und auch der auf ihre Axe senkrechte Durchmesser, oder die Dicke derselben, mag oft mehrere Millionen Meilen betragen. Der Kopf des Kometen von 1811 hatte, nach dem oben Gesagten, einen Durchmesser von wenigstens 140000 Meilen, war also über achtzigmal größer, als der Durchmesser der Erde, und selbst noch siebenmal größer, als der Durchmesser Jupiters, des größten unserer Planeten, so daß der Kopf dieses Kometen, an körperlichem Inhalte oder an Volum den Jupiter über 340mal und die Erde gegen 510000mal übertraf, wobei sein ungeheurer Schweif nicht mitgerechnet ist, obschon er in seiner Länge die Distanz der Sonne von der Erde weit hinter sich zurückließ. Man kann sich kaum vorstellen, wie eine Masse, die einmal so viele Millionen Meilen von dem Kopfe des Kometen weggeschleudert worden ist, von der so schwachen Materie dieses doch ebenfalls nur dunstförmigen Kopfes wieder zurückgezogen werden soll. Vielleicht erklärt sich daraus die Abnahme der Größe, die man bei mehreren schon mehr als einmal wiedergekehrten Kometen bemerkt haben will.

§. 160. (Phasen der Kometen.) Man hat so oft gefragt, ob die Kometen, so wie die Planeten, an sich dunkle Körper sind und ihr Licht

Digitized by Google

nur von der Sonne erhalten, oder ob sie, so wie die letzte, mit einem eigenen, wenn gleich viel schwächeren Lichte leuchten. — Diese Frage wäre beantwortet, wenn man mit Gewißheit sagen könnte, ob die Kometen solche Lichtphasen zeigen, wie sie unser Mond und selbst Venus und Merkur haben. Denn dann ließe sich nicht weiter zweifeln, daß sie an sich dunkle Körper seyen.

Aber leider ist dieß letzte noch immer nicht ausgemacht. Man hat so oft behauptet, daß D. Cassini an dem Kometen von 1744 solche Phasen beobachtet habe. Aber wenn man die Stelle in den Par. Memoiren, wo er diese Erscheinung mittheilt, genauer betrachtet, so sieht man, daß er nur von der Unregelmäßigkeit in der Gestalt des Kerns dieses Kometen, nicht aber von eigentlichen Phasen desselben spricht. Ueberdieß sagen auch Heinsius und Chezeaux, die beide denselben Kometen ebenfalls beobachtet haben, ausdrücklich, daß sie an demselben nichts einer Phase Aehnliches gesehen hätten. An dem Kometen von 1769 will zwar der Engländer Dunn etwas dergleichen bemerkt haben, aber Messier's Beobachtungen desselben Kometen widersprechen einer solchen Wahrnehmung gänzlich. Den Kometen des Jahres 1819 sah Cacciatore in Palermo am 5. Junius d. J. unter der Gestalt des Mondes in seinen Vierteln. Diese Beobachtung könnte für entscheidend gelten, wenn derselbe Astronom nicht hinzugesetzt hätte, daß die Distanz der beiden Spitzen des Halbmonds in derjenigen geraden Linie gelegen wäre, welche die Sonne mit dem Kometen verband, da doch jene Distanz auf dieser Linie senkrecht stehen müßte, wenn das, was er sah, eine wahre Phase gewesen wäre.

Uebrigens mag es schwer seyn, bei einem mit so vielen Dünsten umhüllten Körper deutliche Lichtphasen zu bemerken, besonders wenn, wie es nicht unwahrscheinlich ist, diese Dünste selbst ein eigenes, phosphorescirendes Licht haben sollten. — Die neuere Physik hat ein anderes Mittel gefunden, wodurch diese Frage vielleicht beantwortet werden kann. Man weiß, daß das Licht, wenn es von andern Körpern unter gewissen Winkeln zurückgeworfen wird, mehre Eigenschaften äußert, die es erkennen lassen, ob dieses Licht ein directes oder selbst nur ein reflectirtes Licht ist (vergl. II. §. 16). Allein die Versuche, die Arago in dieser Beziehung an demselben Kometen von 1819 auf der Sternwarte in Paris gemacht hat, haben den Gegenstand noch nicht zur Entscheidung bringen können.

§. 161. (Masse der Kometen.) Es ist bereits oben gesagt worden, daß die Materie, der Stoff, aus welchem die Kometen gewebt sind, äußerst fein und so wenig dicht ist, daß er nicht mehr mit unsern Wolken, und kaum mit unseren Nebeln verglichen werden kann. Es ist möglich, daß diese ganzen Massen, so groß auch ihr Volum seyn mag, von den Sonnenstrahlen völlig durchdrungen werden, und daß daher nicht bloß die Oberfläche, sondern auch die inneren Theile derselben noch das Licht der Sonne reflectiren, so daß es nicht nothwendig ist, ein eigenes schwaches Licht dieser Massen anzunehmen. Wahrscheinlich ist selbst ihr Kern nichts anderes, als ein etwas mehr verdichteter Dunst, und ein ganzer großer Komet enthält vielleicht nicht mehr eigentliche Masse, als einer der größeren Meteorsteine, die so oft aus den oberen Räumen der Atmosphäre auf unsere Erde fallen und die wohl eben solche, nur viel kleinere kosmische Körper sind, als die Planeten selbst. Der bloße Anblick dieser Himmelskörper zeigt schon, daß sie mit den uns bekannten festen Körpern durchaus keine Aehnlichkeit haben. Sie erscheinen, selbst in den

Digitized by Google

besten Fernröhren, immer nur als leichte Wolken oder vielmehr als schwache, matt beleuchtete Dünste. Während man durch unsere Nebel selbst die größeren Gegenstände, wie unsere Häuser und Bäume, oft schon auf hundert Schritte nicht mehr zu erkennen vermag, sieht man durch die Nebelhüllen der Kometen, die oft viele tausend Meilen im Durchmesser betragen, auch die kleinsten Fixsterne noch mit ungeschwächtem Lichte. In einem viel höheren Grade gilt dasselbe von den noch viel feineren Dünsten ihrer Schweife. Das Gewebe, aus welchen diese Körper bestehen, ist daher wahrscheinlich so ungemein zart und locker, daß es nur mehr mit unseren verschiedenen Luftarten zu vergleichen seyn mag. Es ist demnach wohl möglich, daß wir einen Kometen nicht einmal sehen würden, wenn wir uns auch mitten in ihm befänden. Und so kann auch die Erde schon öfter durch eine solche Nebelmasse gegangen seyn, ohne daß wir es gewahr worden sind.

§. 162. (Masse des Kerns der Kometen.) Etwas dichter scheint der eigentliche Kern der Kometen zu seyn, wie man aus dem helleren Lichte schließen kann, durch welches er sich gewöhnlich von dem übrigen Körper des Kometen unterscheidet. Zwar will man schon öfter selbst kleinere Fixsterne durch diesen Kern durchschimmern gesehen haben, woraus man mit Recht auf eine sehr geringe Dichtigkeit der Masse dieses Kerns geschlossen haben würde. Allein jene Beobachtungen selbst sind zweifelhaft. Die Beobachtung von Olbers an dem Kometen von 1796 hat er selbst dahin berichtiget, daß der Stern wahrscheinlich nur sehr nahe an dem Kern, aber nicht hinter ihm vorüber gegangen ist. Andere Beobachtungen dieser Art von Bryant i. J. 1744 und von Herschel i. J. 1795 sind nicht genau und entscheidend genug angeführt worden. Dasselbe gilt von dem Vorübergange eines Kometenkerns vor einem kleinen Stern, den Montaigne i. J. 1774 gesehen haben soll, so wie von der ähnlichen Erscheinung, die Messier an demselben Kometen i. J. 1774 an einem andern Tage beobachtet hat. Die Bedeckung eines Sterns der siebenten Größe, die Valz zu Nimes i. J. 1825 sah, scheint auch nur ein naher Vorübergang des Kerns bei dem Kometen gewesen zu seyn. Entscheidender würde Wartmanns Beobachtung vom 28sten November 1828 seyn, der sagt, daß er den Stern von dem Kern des Kometen vollkommen bedeckt (complètement éclipsée) gesehen habe, aber sein Fernrohr war offenbar zu schwach, um diesen Gegenstand durch eine einzige Beobachtung zur Entscheidung zu bringen. — Noch kann man der berüchtigten Bedeckung des Mondes von einem Kometen erwähnen, die Georg Phranza in seiner griechischen Chronik für das Jahr 1454 aufgestellt hat. Allein man weiß jetzt, daß diese Meinung bloß durch eine unrichtige Uebersetzung des griechischen Textes durch den Jesuiten Pontanus entstanden ist. — Besonders wichtig wäre uns in dieser Beziehung der Komet von dem Jahre 1819 gewesen, der am 26sten Junius d. J. in einer Entfernung von 14 Millionen Meilen zwischen der Sonne und der Erde vorüberging, und den wir daher auf dem lichten Hintergrunde der Sonne hätten sehen können. Allein unglücklicher Weise wurde diese Erscheinung, ein bloßes Resultat der Vorherberechnung, zu spät bekannt gemacht, um die Beobachter auf dieselbe aufmerksam zu machen. Jedoch will Pastorf an diesem Tage einen Sonnenflecken beobachtet haben (Bode's Jahrb. 1823), den er für diesen Kometen hielt. — Wie es sich daher auch mit diesen Kometenkernen verhalten mag, wir wollen darüber die Beobachtungen unserer Nachfolger abwarten, die diesen Gegenstand vielleicht bald entscheiden werden.

§. 163. (Komet von dem Jahre 1770.) Einen andern Beweis für die ungemein geringe Dichtigkeit der Kometenmasse überhaupt liefert uns

Digitized by Google

der sonderbare Komet von dem Jahre 1770. Die ersten Beobachtungen desselben gaben uns eine nicht sehr excentrische, elliptische Bahn mit einer Umlaufszeit von 5½ Jahren. Bei diesem Resultate der Berechnung war es aber sehr auffallend, daß der Komet, seiner kurzen Umlaufszeit ungeachtet, weder vor, noch auch nach dem Jahre 1770 wieder gesehen wurde. Endlich fand man nach vielen umständlichen Rechnungen, daß er im Jahre 1767 dem Planeten Jupiter nahe vorbei ging, und daß dieser größte aller Planeten seine ursprüngliche, wahrscheinlich sehr excentrische Bahn in diese viel kleinere von 5½ Jahren verändert habe. In dieser seiner neuen Bahn würden wir ihn auch wahrscheinlich im März d. J. 1776 wieder gesehen haben, wenn er nicht mit der Sonne zugleich über unserem Horizonte gestanden, also uns unsichtbar gewesen wäre. Als er sich aber später wieder von der Sonne entfernte, begegnete er auf seinem Wege im Jahre 1779 dem Jupiter zum zweitenmale und erlitt dadurch neuerdings eine gewaltsame Veränderung seiner Bahn, wodurch dieselbe jetzt wieder sehr excentrisch geworden ist, wie sie vor dem Jahre 1770 war, und in welcher daher er der Erde nicht mehr so nahe kommen kann, um von ihr gesehen zu werden. Auf diesem zweimal so stark gestörten Wege ging der Komet ebenfalls zweimal *mitten* durch das System der vier Satelliten jenes Planeten, und er würde unter diesen kleinen Körpern gewiß sehr beträchtliche Störungen verursacht haben, wenn seine Masse nicht ungemein gering gewesen wäre. Selbst vor unserer Erde ging dieser Komet in demselben Jahre 1770 näher, als bisher irgend ein anderer, vorbei, indem seine kleinste Entfernung von der Erde nur 368 Erdhalbmesser oder nahe sechsmal die Distanz des Mondes von der Erde betrug. Hätte er eine der Erde gleiche Masse gehabt, so würde er, wie die astronomischen Berechnungen zeigen, die Länge unseres Jahres um volle 2 St. 53 Min. geändert haben. Allein alle unsere Beobachtungen zeigen, daß sich das Jahr der Erde, seit jener Epoche, gewiß nicht um zwei Secunden, d. h. nicht um den 5000sten Theil jener Zeit geändert hat, woraus daher folgt, daß auch die Masse jenes Kometen noch nicht den 5000sten Theil der Erdmasse betragen könne.

Allerdings könnte man einwenden, daß das, was von diesem und vielleicht noch von einigen andern Kometen gilt, darum nicht von allen anderen gelten müsse. Nun ist es wohl unmöglich, alle diese Himmelskörper nach einander auf die Kapelle zu bringen, um sie in dieser Beziehung auf das genaueste zu untersuchen. Allein es gibt doch noch einen andern, bisher, so viel mir bekannt, ganz übersehenen Beweis für die Geringfügigkeit der Kometenmassen, der vor allen übrigen den großen Vorzug hat, daß er in der That sämmtliche Kometen, so viele deren seit vielen Jahrhunderten uns nahe gekommen sind, umfaßt, und daß er daher als ein allgemeiner Beweis anzusehen ist.

Bei den astronomischen Berechnungen der Störungen, welche jeder Planet, der der Sonne nächste, wie der entfernteste, von allen übrigen Planeten erleidet, wird auf diejenigen Störungen, welche etwa von den Kometen oder auch von den Fixsternen kommen könnten, durchaus keine Rücksicht genommen, weil man voraussetzt, daß die Massen von jenen zu klein, und daß die Entfernungen von diesen viel zu groß sind, als daß sie noch auf die Bewegung dieser Planeten irgend einen Einfluß haben könnten. Ehe man diese gegenseitigen Störungen der Planeten berechnen konnte, war die Theorie der planetarischen Bewegungen noch so unvollkommen, daß Abweichungen zwischen den Berechnungen und den wirklichen Beobachtungen oft auf mehrere Minuten gingen, womit man sich, da man damals noch nichts besseres hatte, zufrieden stellen mußte.

Digitized by Google

Allein seit man, durch die jetzt so vervollkommnete mathematische Analyse, diese Störungen mit allem Fleiße berechnet hat, stimmen die voraus berechneten, mit den in der That beobachteten Orten der Planeten bis auf einige wenige Secunden überein, so daß wir uns jetzt einer viel größeren Harmonie zwischen der Theorie und der Anwendung zu erfreuen haben, als es unseren Vorgängern gegönnt war, und daß die kleinen Abweichungen, die wir noch zuweilen finden, meistens der Art sind, daß wir sie mehr den immer noch nicht ganz vermeidlichen Beobachtungsfehlern, als einer unrichtigen Theorie zuschreiben müssen. Diese Harmonie würde aber nicht bestehen können, wenn jene Voraussetzung, auf welche unsere ganze Theorie gebaut ist, der Wahrheit nicht gemäß wäre, d. h. wenn die Kometen, oder wenn auch nur ein einziger von jenen, die seit langer Zeit unseren Planeten nahe gekommen sind, eine Masse hätte, die hinlänglich wäre, den Ort dieser Planeten auf eine uns merkbare Weise zu verändern.

§. 164. (Berechnung der Kometenbahnen.) Es ist bereits oben gesagt worden, daß diese Himmelskörper, wenn sie zum zweitenmale zur Erde herabsteigen und nach oft langer Zeit wieder für uns sichtbar werden, ihre äußere Gestalt zuweilen so sehr geändert haben, daß es unmöglich ist, sie an ihrer Form als früher schon da gewesene Gäste je wieder zu erkennen. Da aber dieses Wiedererkennen für die Astronomen sehr wichtig ist, so haben sie andere Merkmale aufgesucht, die aller Wahrscheinlichkeit nach weniger Veränderungen unterworfen sind, und diese glaubte man in den Elementen ihrer Bahnen (I. §. 142) zu finden, deren Kenntniß ohnehin nöthig ist, um die Bewegung und den Ort des Kometen für jede gegebene Zeit durch Rechnung zu bestimmen.

So oft daher einer dieser Himmelskörper erscheint, wird er sofort auf allen wohleingerichteten Sternwarten eifrig beobachtet, und aus diesen Beobachtungen werden dann, durch Rechnung, die Elemente seiner Bahn abgeleitet. Findet man, daß diese Elemente mit einem der bereits früher erschienenen Kometen übereinstimmen, so wird man mit der größten Wahrscheinlichkeit daraus schließen, daß diese beiden Kometen identisch sind, und daß daher der fremde Gast schon einmal und vielleicht öfter da gewesen ist.

Dieser Elemente sind aber sechs, die an dem angeführten Orte bereits aufgezählt worden sind, nämlich: 1) die große Axe der Bahn, oder was (I. §. 121) dasselbe ist, die Umlaufszeit des Kometen; 2) die Lage dieser Axe oder die Länge des Perihe liums; 3) die Excentricität oder die Entfernung des Brennpunktes der elliptischen Bahn von dem Mittelpunkte derselben; 4) die Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik; 5) die Knotenlinie oder die Länge der Linie, in welcher die Kometenbahn die Ekliptik schneidet und endlich 6) die Epoche oder der Ort des Kometen in seiner Bahn zu irgend einer gegebenen Zeit.

Allein wie findet man diese Elemente aus den Beobachtungen? — Es kann nicht meine Absicht seyn, hier eine vollständige Antwort auf diese Frage zu geben. Demungeachtet wird der Leser wünschen, wenigstens den Weg dazu im Allgemeinen angezeigt zu finden.

Sey S (Fig. 21) die Sonne, T die Erde und p der Komet zur Zeit irgend einer Beobachtung desselben. Läßt man von p auf die Ebene STP der Ekliptik eine Senkrechte pP herab und verbindet man dann diesen Punkt P durch gerade Linien mit S und T, so entstehen hier drei Dreiecke STP, SPp und TPp, und auf die vollständige Kenntniß dieser Dreiecke kömmt eigentlich die ganze Rechnung an, um die es sich hier handelt.

Digitized by Google

Allein diese Kenntniß oder die sogenannte Auflösung dieser Dreiecke bietet ganz besondere Schwierigkeiten dar. — Bemerken wir zuerst, daß unsere Beobachtungen der Kometen nichts geben, als erstens den Elongationswinkel (I. §. 114) STP (der gleich ist der Länge der Sonne weniger der geocentrischen Länge des Kometen), und zweitens die geocentrische Breite Tp des Kometen oder den Winkel PTp. Da uns die Bewegung der Sonne aus ihrer Theorie bekannt ist, so können wir auch noch für jede Zeit die Entfernung der Erde von der Sonne oder die Größe der Linie ST angeben. Die in jenen drei Dreiecken bekannten Größen sind also die beiden Winkel STP und PTp nebst der Linie ST, und daraus läßt sich nun, nach einem leichten Satze der Trigonometrie, auch noch der Winkel STp ableiten und — weiter nichts. Man braucht aber, um jene Frage zu beantworten, vor allen den Commutationswinkel TSP (der gleich ist der heliocentrischen Länge des Kometen weniger der heliocentrischen Länge der Erde I. §. 114); ferner den Winkel PSp oder die heliocentrische Breite des Kometen und endlich die Linie Sp, welche den Kometen mit der Sonne verbindet, d. h. den Radius Vector (I. §. 136) des Kometen. Wenn man so diese drei letzten Größen unserer Dreiecke hätte, d. h. mit andern Worten, wenn uns die Lage des Kometen gegen die Sonne vollständig bekannt wäre, so würde die weitere Bestimmung der Elemente der Bahn des Kometen, zwar noch immer nicht zu den leichten Arbeiten gehören und gar manche Kenntnisse der Astronomie sowohl, als auch der höheren Analyse voraussetzen, aber sie würde doch, wie man längst schon gezeigt hat, möglich und ausführbar seyn. Allein jene drei Stücke sind nun einmal unbekannt, da uns durch unsere Beobachtungen nur die Lage des Kometen gegen die Erde und diese nicht einmal vollständig (weil uns die Kenntniß der Linie TP oder Tp fehlt) gegeben ist.

Bei dieser Lage der Dinge läßt sich an eine sogenannte directe Auflösung unseres Problems nicht einmal denken. Zwar kann man die analytischen Ausdrücke, von welchen diese Auflösung abhängt, ohne besondere Mühe aufstellen, aber sie sind so weitläufig, und die aus ihnen zu findenden unbekannten Größen sind unter einander so verwickelt, daß zu der Berechnung derselben selbst die Geduld des unermüdlichsten Rechners nicht hinreichen würde.

Man mußte also diesen directen oder geraden Weg verlassen und zusehen, ob man nicht vielleicht durch Umwege das gewünschte Ziel erreichen könne, durch Versuche, in welchen man z. B. eine von den unbekannten Seiten Tp oder TP einstweilen willkührlich, also wohl ohne Zweifel fehlerhaft annimmt, und dann mit dieser Annahme weiter rechnet, bis man auf Resultate kömmt, die sich mit den Beobachtungen nicht mehr vertragen und die uns daher zu einer andern Annahme von TP führen, die wohl wieder, aber vielleicht schon minder fehlerhafte Resultate geben und uns auf diese Art, nach einigen zweckmäßig angestellten Versuchen, in den Stand setzen wird, denjenigen Werth von TP zu finden, welcher den Beobachtungen vollkommen entspricht.

Ein solches Mittel, diesen Zweck auf eine bequeme und sichere Weise zu erreichen, wird uns z. B. das oben (I. §. 139) erwähnte zweite Gesetz Kepler's geben. Nach diesem Gesetze bewegen sich alle Planeten und Kometen um die Sonne so, daß der Radius Vector derselben Flächen beschreibt, die den dazu verwendeten Zeiten proportional sind.

Nehmen wir nun an, man habe den Kometen in drei aufeinander folgenden Zeiten beobachtet. Für die erste dieser Beobachtungen ist in unserer Zeichnung, wie gesagt, der Elongationswinkel STP und die Seite

Digitized by Google

ST, so wie der Winkel PTp unmittelbar gegeben. Nimmt man nun vorläufig auch die Seite TP oder Tp als bekannt an, so wird man, mit diesen Größen, jene drei Dreiecke vollständig auflösen können. Dasselbe wird man auch für die zweite und dritte Beobachtung thun, und dadurch, wie man leicht sieht, nicht nur die drei Radii Vectores Sp, Sp', Sp'' des Kometen zur Zeit jener drei Beobachtungen, sondern auch noch die zwei Winkel finden, welche zwischen diesen drei durch die Sonne S gehenden Radien enthalten sind, und also auch die zwei elliptischen Flächen, welche zwischen diesen Radien und den sie begränzenden Bogen der elliptischen Bahn des Kometen liegen. Diese Flächen sind es nun, welche den aus den unmittelbaren Beobachtungen gegebenen Zwischenzeiten proportional seyn müssen, wenn jene willkührliche Annahme der Größen Sp, Sp', Sp'' der Wahrheit gemäß ist. Gesetzt, jene Beobachtungen wären zur Zeit der Mitternacht am 1sten, 6ten und 16ten März gemacht worden, so sind die Zwischenzeiten derselben 5 und 10 Tage, oder die zweite ist doppelt so groß, als die erste. Und eben so muß also auch die elliptische Fläche zwischen dem zweiten und dritten Radius doppelt so groß seyn, als die Fläche zwischen dem ersten und zweiten Radius, wenn jene Annahme richtig gewesen ist. Ist dieß nicht, so wird man jene Distanzen TP so lange ändern, bis diese Flächen sich genau so, wie jene Zwischenzeiten verhalten, und wenn man dieß erreicht hat, so wird man auch überzeugt seyn, daß die letzten drei Distanzen des Kometen von der Sonne und die Winkel, welche zwischen ihnen enthalten sind, mit der Wahrheit genau übereinstimmen. Kennt man aber einmal diese Distanzen und ihre Winkel, so ist die daraus folgende Bestimmung der eigentlichen Elemente ein reines, geometrisches Problem, das sich direct und zwar auf mehr als eine Weise auflösen läßt.

Man wird ohne meine Erinnerung bemerken, daß dieses Verfahren nicht ohne etwas umständliche Rechnungen angewendet werden kann, und daß es zu manchen scharfsinnigen Bemerkungen und Kunstgriffen Gelegenheit geben wird, die wir aber hier übergehen müssen.

Dasselbe Verfahren muß man im Grunde auch bei der Bestimmung der Elemente der Planetenbahnen anwenden, und es ist auch in der That bei den vier neuen Planeten angewendet worden, ja diese sind es eigentlich, welche die erste Gelegenheit zur Ausbildung dieser Methode gegeben haben. Bei den älteren Planeten aber konnte man sich diese Mühe ersparen, weil von denselben eines jener sechs Elemente, nämlich die Umlaufszeit oder, was dasselbe ist, die große Axe ihrer Bahnen durch die Beobachtungen der Alten bereits auf das genaueste bekannt war (I. §. 125), ein Vortheil, der bei den neueren, den Alten unbekannten Planeten, ganz wegfiel.

Auch bei den Kometen hat man sich eines ähnlichen Vortheils zu bedienen gesucht, um die hieher gehörenden Rechnungen zu erleichtern. Nachdem man nämlich bemerkt hatte, daß sie beinahe alle in sehr excentrischen Ellipsen um die Sonne laufen, so erlaubte man sich die Voraussetzung, daß sie sich, nicht in Ellipsen, wie dieß in der That der Fall ist, sondern daß sie sich in Parabeln um die Sonne bewegen. Auch ist die Parabel nichts anderes, als eine Ellipse mit einer unendlich großen Axe. Wenn beide krumme Linien denselben Scheitel und Brennpunkt haben, so kömmt der Bogen der Ellipse dem der Parabel desto näher, je excentrischer oder je länglicher diese Ellipse ist, besonders in der Nähe des Scheitels oder des Periheliums, und eben da ist es, wo

Digitized by Google

wir die Kometen gewöhnlich beobachten, weil sie da der Sonne und also auch im Allgemeinen der Erde am nächsten stehen.

Nimmt man also die Bahn der Kometen parabolisch an, so fällt dadurch ein Element, die große Axe, die hier unendlich groß wird, ganz weg und die Rechnung wird dadurch ungemein erleichtert. In der That hat man durch diese abkürzende Methode die Bahnen vieler Kometen den Beobachtungen hinlänglich gemäß dargestellt, aber man hat auch zugleich, indem man die große Axe der Bahn als unendlich groß annahm, sich aller Kenntniß der Umlaufszeit des Kometen begeben, da in der Parabel keine Wiederkehr desselben möglich ist, und so ist es gekommen, daß uns vielleicht mehrere Kometen, selbst von einer kürzeren Umlaufszeit, gänzlich entgangen sind, und daß man sie bei ihrer Wiederkunft nicht mehr erkannt hat.

Es ist übrigens für sich klar, daß diese Bestimmung der Elemente der Bahn desto genauer seyn wird, je größer der Bogen der Ellipse war, in welchem man den Kometen von der Erde beobachtet hat, weil hier, wie überall, der Schluß von dem Kleinen auf das Große mißlich ist. Es ist daher für diese Bestimmungen sehr nachtheilig, daß wir die Kometen, wegen ihrem zu schwachen Lichte, nur in der Nähe der Sonne, also meistens nur in einem sehr kleinen Theile ihrer weit verbreiteten Bahnen sehen können, da sie, sobald sie sich weiter von der Sonne, also auch von der Erde entfernen, selbst unseren besten Fernröhren sich gänzlich entziehen. Dieser ungünstige Zufall äußert seine Wirkung ganz besonders auf die Umlaufszeit der Kometen. Je größer die Excentricität, desto schwieriger ist die Bestimmung der Umlaufszeit. Daher differiren auch die Astronomen so sehr in ihren Angaben dieses Elements. Für den Kometen von 1769 fand Lexell eine Revolution von 400, Pingré eine von 1200 Jahren, und Bessel endlich, der die Beobachtungen dieses Kometen mit einer besondern Sorgfalt discutirte, sogar eine von 2089 Jahren. Der letzte zeigte zugleich, daß ein Beobachtungsfehler von nur fünf Secunden die Umlaufszeit des Kometen schon um 400 bis 500 Jahre ändern kann. Eben so fand Prosperin für den Kometen von 1779 aus seinen Rechnungen, je nachdem er andere Beobachtungen zu Grunde legte, bald eine Umlaufszeit von 1160, bald von 19000 und endlich sogar eine unendlich große, d. h. eine parabolische Bahn, in welcher der Komet nie mehr zur Sonne zurückkehrt. Für den bereits oben erwähnten großen Kometen von 1680 fand Halley eine Umlaufszeit von 575 Jahren, während Encke aus seiner sorgfältigen Untersuchung aller über ihn gesammelten Beobachtungen eine Umlaufszeit von 8800 Jahren abgeleitet hat. Diese Beispiele, welche man leicht noch mit andern vermehren könnte, werden genügen, zu zeigen, wie schwer es ist, die Umlaufszeiten der Kometen, wenigstens wenn diese einmal mehrere Jahrhunderte umfassen, mit Genauigkeit zu bestimmen.

§. 165. (Kometen von bekannter Umlaufszeit.) Es gibt in der That kein anderes Mittel, die Umlaufszeit eines Kometen *verläßlich* zu bestimmen, als die Beobachtung seiner Wiederkehr selbst, wo man ihn an der Identität seiner Elemente mit einem früher da gewesenen Gaste erkennen kann. Von Kometen, deren Umlaufszeit man auf diese Weise bestimmt hat, kennt man jetzt mit Genauigkeit nur *vier*, deren Namen, nach denen ihrer Entdecker oder ersten Berechner, und deren Umlaufszeiten folgende sind:

Halley's Komet mit einer Umlaufszeit von					**76**	Jahren
Olbers'	»	»	»	»	**74**	»
Encke's	»	»	»	»	**3.29**	»
Biela's	»	»	»	»	**6.74**	»

Digitized by Google

Diese vier merkwürdigen Kometen gehören so recht eigentlich unserm Sonnensysteme an: sie bewegen sich immer unter den Planeten, von welchen nur die beiden ersten sich noch zuweilen bedeutend entfernen, während die anderen in ungemessenen und größtentheils für uns unmeßbaren Bahnen weit über die Gränze unseres Planetensystems hinausschweifen, sich in den unbekannten Tiefen des Himmels verlieren, und vielleicht schon nach ihrem ersten Besuche auf immer für uns verschwinden, indem sie auf ihren parabolischen oder hyperbolischen Bahnen unter den Fixsternen herumirren und auf ihren excentrischen Wegen von einer Welt zur andern wandern.

Zwar hat man außer jenen vier Kometen, die wir sogleich einzeln näher betrachten wollen, noch einige andere als schon mehrmals da gewesene Fremdlinge erkennen wollen, allein man ist über die Identität derselben noch nicht so sicher geworden, um die nächste Wiederkunft derselben mit Verläßlichkeit voraussagen zu können. Die Elemente der beiden Kometen von dem Jahre 1264 und 1556 sind einander ähnlich genug, um eine Identität derselben nicht unwahrscheinlich zu finden. Allein die Beobachtungen derselben, vorzüglich die der ersten Periode, sind viel zu unvollkommen, um darauf einen sichern Schluß für die Wiederkehr desselben, die im Jahre 1848 statt haben soll, gründen zu können. Eben so haben manche Astronomen den i. J. 1743 mit dem i. J. 1819 erschienenen Kometen für einen und denselben gehalten. Die Beobachtungen von der letzten Periode lassen allerdings deutliche Spuren einer Ellipticität seiner Bahn bemerken, und die Elemente sind, bis auf die gar zu verschiedenen Neigungen der Bahn, mit jener Vermuthung in Uebereinstimmung. Clausen zeigte uns, daß diese Aenderung seiner Neigung von seinen nahen Vorübergängen vor Jupiter komme, und er machte es wahrscheinlich, daß der Komet jetzt eine Umlaufszeit von 5½ Jahren habe, so daß man ihn im Herbste des Jahres 1836 wieder erwarten dürfte, wenn er nicht ebenfalls ähnliche bedeutende Störungen auf seinem Wege von andern Himmelskörpern erleiden sollte.

§. 166. (Halley's Komet.) Dieser merkwürdige Komet zeichnet sich durch mehrere interessante Eigenschaften aus, die wir, in diesem Maaße, bei keinem andern vereinigt finden. Er ist unter allen Kometen von großer Umlaufszeit der einzige, von dem wir so viele Wiederkünfte aufzuweisen haben; wir können ihn bis in die Mitte des fünfzehnten Jahrhunderts mit Sicherheit, und mit einiger Wahrscheinlichkeit sogar bis zu dem Anfange der christlichen Zeitrechnung verfolgen. Er ist ferner einer der größten und auffallendsten Kometen; er ist der erste, dessen Wiederkunft die Menschen vorauszusagen gewagt und glücklich gewagt haben, und er ist es endlich, der uns diese räthselhaften Himmelskörper noch am meisten kennen gelehrt hat, da beinahe keine seiner Erscheinungen ohne irgend eine wichtige Entdeckung oder eine Bereicherung unserer Kenntnisse der Kometenwelt vorübergegangen ist.

§. 167. (Elemente des Halley'schen Kometen.) Die Umlaufszeit dieses Kometen beträgt, im Mittel aus den bisher beobachteten Erscheinungen 75 bis 76 Jahre. Die große Axe seiner Bahn ist daher nahe 18mal größer als die große Axe der Erdbahn, oder sie beträgt nahe 744 Millionen deutsche Meilen. Die kleine Axe seiner Bahn beträgt 9⅘ Durchmesser der Erdbahn oder 380 Mill. Meilen. Daraus folgt, daß die Entfernung der Brennpunkte seiner Bahn von den Scheiteln der Ellipse nur 0.033 Theile seiner großen Halbaxe oder nur 12 Mill. Meilen beträgt, so daß er also in seinem Perihelium nur halb so weit, als

Digitized by Google

die Erde, von der Sonne entfernt ist, während er in seinem Aphelium nahe noch einmal so weit, als Uranus, von der Sonne absteht. Sein größter Abstand von der Sonne beträgt nämlich 35.4, und sein kleinster nur 0.6 Halbmesser der Erdbahn. Die Länge seines aufsteigenden Knotens, d. h. die Länge des Punktes der Ekliptik, in welchem er sich über dieselbe erhebt, beträgt 54 Grade, und die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik ist 72 Grade, als ungewöhnlich groß. Ueberdieß bewegt er sich in dieser seiner Bahn, der allgemeinen Richtung der Planeten entgegen, also von Ost gen West, oder seine Bewegung ist retrograd, gegen die Ordnung der himmlischen Zeichen des Thierkreises. Die Länge des Periheliums ist 303, also auch die des Apheliums 123 Grade.

Diese Bahn ist in Figur 55 verzeichnet, wo die Ebene des Papiers die Ekliptik vorstellt, und die vier Punkte ♈ ♋ ♎ und ♑ in den Längen von 0, 90, 180 und 270 Graden liegen. Zieht man durch den Mittelpunkt des Kreises ♈ ♋ ♎ ♑, welcher Mittelpunkt die Sonne vorstellt, eine gerade Linie nach den Punkten 54 und 234° der Peripherie dieses Kreises, so stellt diese Linie die Knotenlinie der Kometenbahn vor. Da der Komet in dieser Bahn rückwärts, oder in der Richtung der dort verzeichneten Pfeile geht, so sieht man, daß nur ein sehr kleiner Theil dieser Bahn, nämlich derjenige, welcher auf der Seite der Knotenlinie steht, in welcher das Perihel ist, über der Ekliptik, bei weitem der größere aber unter derselben liegt, was die Ursache ist, warum uns der Komet meistens nur unter einer südlichen Breite erscheinen muß. Zur Zeit, wo er der Sonne am nächsten ist, steht er über der Ekliptik und innerhalb der Erdbahn, wie man in der Zeichnung sieht. Da er aber hier zugleich seine schnellste Bewegung hat, so verweilt er nur etwa 2½ Monate innerhalb der Erdbahn. In seinem Perihelium legt er in einer Stunde 59500 Meilen zurück, geht also viermal schneller, als die Erde. In seinem Aphelium hingegen, wo seine Geschwindigkeit die kleinstmögliche ist, legt er in einer Stunde nur 980 Meilen, also 15 mal weniger, als die Erde, zurück *). Seine Bahn liegt übrigens so gegen die Erd-

*) Noch viel mehr verschieden sind diese Geschwindigkeiten bei denjenigen Kometen, die in sehr excentrischen Bahnen einhergehen. Der große Komet von 1680 zum Beispiel hat, nach Encke's Untersuchungen, eine halbe große Axe von 426.774 Halbmessern der Erdbahn und eine Distanz der Brennpunkte von den Scheiteln, die 0.00615 Halbmesser der Erdbahn oder nur 128260 Meilen beträgt. Nimmt man den Halbmesser der Sonne zu 93900 Meilen an, so ist im Perihelium die Entfernung des Mittelpunktes des Kometen vor der Oberfläche der Sonne nur 34360 Meilen oder nahe sieben Zehntheile der Distanz des Mondes von der Erde. Im Aphelium aber ist seine Entfernung von der Sonne über 17590 Millionen Meilen, also über 830 mal größer als der Halbmesser der Erdbahn. Die Umlaufszeit dieses Kometen beträgt, wie aus der angeführten großen Axe seiner Bahn, nach dem dritten Gesetze Kepler's folgt, 8817 Julianische Jahre, deren jedes 365¼ Tage hat. Seine Winkelgeschwindigkeit im Perihelium, wie sie von der Sonne gesehen wird, ist so groß, daß er in einer Stunde schon 118⁵/₁₀ Grade, also in zwei Stunden schon mehr als die sichtbare Hälfte des Himmels zurücklegt, und hier ist er der Sonne so nahe, daß man von seinem Mittelpunkte aus den Durchmesser der Sonne unter dem Winkel von 94 Graden sehen würde, so daß also die Sonne mehr als den vierten Theil

Digitized by Google

bahn, daß der Komet der Erde nie nahe kommen kann, und daß er, selbst im ungünstigsten Falle noch mehrere Millionen Meilen von ihr absteht, während z. B. der Komet Biela's sich i. J. 1832 der Erdbahn (nicht der Erde selbst) auf 3000 Meilen genähert hat. Dieser Umstand macht, daß die Erde von Halley's Kometen durchaus nichts zu besorgen hat, und daß die Furcht, welche einige mit diesem Weltkörper nicht genug bekannte Schriftsteller in ihren Blättern unter dem Volke erregt haben, völlig ungegründet ist.

§. 168. (Frühere, ungewisse Erscheinungen dieses Kometen.) Wenn man von den durch Rechnung erwiesenen, also constatirten Erscheinungen dieses Kometen rückwärts, in die früheren Perioden unserer Geschichte, zurückgeht, indem man z. B. von dem Jahre 1456, wo er das erstemal gehörig beobachtet wurde, die Umlaufszeit von 75 bis 76 Jahren mehrmals subtrahirt, so stoßt man in den Historikern jener Zeiten auf mehrere Nachrichten von großen Kometen, die sehr wohl den Halley'schen zum Grunde haben können. Da aber oft in wenig Jahren mehrere bedeutende Kometen erscheinen; da jene Kometen nicht näher beschrieben und noch weniger astronomisch beobachtet worden sind; da endlich die Geschichtschreiber häufig Meteore und andere Erscheinungen für Kometen gehalten haben, so haben diese Nachrichten kein wahres wissenschaftliches Interesse. Wir wollen sie demnach auch nur kurz anführen.

Im Jahre 130 vor Chr. Geburt erschien, wie Justinus erzählt, ein großer Komet zur Zeit der Geburt des Mithridates. Man wollte diese Erscheinung für die 21ste dieses Kometen vor der erwähnten des Jahres 1456 halten, aber ohne für diese Meinung einen andern Grund anführen zu können, als die Zwischenzeit von 1586 Jahren, die nahe 21 mal 75½ Jahre beträgt. — Die zweite dieser älteren Erscheinungen unseres Kometen, deren in unsern Geschichtbüchern Erwähnung geschieht, ist die von dem Jahre 323 nach Chr. Geburt, zwischen welcher und jener also fünf Wiederkünfte unbeachtet vorübergegangen seyn würden. Dieses Jahr 323 ging unmittelbar dem großen Concilium zu Nicäa, der ersten allgemeinen Kirchenversammlung unter K. Konstantin, voraus. Auf demselben wurde die damals sehr verbreitete Lehre des Arius von der Consubstantialität verworfen und die noch jetzt bestehende Bestimmung der Zeit des Osterfestes angenommen. Die Geschichtschreiber jener Epoche wußten diese beiden Ereignisse sehr scharfsinnig mit dem Kometen in Verbin-

---

des Himmels einnimmt. In seinem Aphelium aber, wo ihm die Sonne nur mehr unter dem kleinen Winkel von zwei Secunden erscheint, ist seine Winkelgeschwindigkeit so langsam, daß er 1840 Tage braucht, um, von der Sonne gesehen, den Winkel von einer einzigen Secunde vorzurücken, so daß er also hier für die Sonne, die in dieser außerordentlichen Entfernung nicht mehr beträchtlich auf ihn wirken kann, durch mehrere Jahre in einer absoluten Ruhe stille zu stehen scheint. Aus diesen Winkelgeschwindigkeiten, verbunden mit den Entfernungen von der Sonne, lassen sich auch leicht die absoluten Geschwindigkeiten des Kometen in jenen beiden äußersten Punkten seiner Bahn berechnen. Man findet so, daß er im Perihelium, wo die Erde nur 4 Meilen in einer Secunde zurücklegt, in derselben Zeit durch 73.58 Meilen von der dort sehr starken Kraft der Sonne fortgerissen wird, während er im Aphelium in einer Secunde nur 0.00054 Meilen, d. h. nur 12½ Par. Fuß zurücklegt.

Digitized by Google

dung zu bringen. — Die nächstfolgende dritte Erscheinung desselben fiel, 76 Jahre später, auf das Jahr 399. Auch dieses Jahr war durch ein großes Concilium zu Alexandrien ausgezeichnet, das gegen die Anhänger des Origenes gehalten wurde. Auch überzogen in diesem Jahre die Vandalen zum erstenmale das südliche Europa. Der Komet soll zu dieser Epoche besonders groß und schrecklich ausgesehen haben, da ihn die gleichzeitigen, meistens kirchlichen Geschichtschreiber einen Cometam prodigiosae magnitudinis nennen, horribilem aspectu et comam ad terram usque demittentem. Nach einem Zwischenraume von nahe zweimal 75 Jahren findet man wieder die vierte Erscheinung desselben, oder wenigstens irgend einen großen Kometen in d. J. 547, in welchem Rom von Totilas geplündert wurde. Nach weiteren vier unbeachteten Vorübergängen erfolgte die fünfte Erscheinung i. J. 930, die, nach der Meinung der gleichzeitigen Chronikenschreiber, dem Tode Heinrich des Voglers und der großen Niederlage der Ungarn in Deutschland als Wahrzeichen vorausgegangen seyn soll. Die sechste bemerkte Wiederkunft fiel in das Jahr 1005, von dem uns Haly Ben Rodoan berichtet. Die siebente Erscheinung desselben fiel auf das Jahr 1080, das Todesjahr des griechischen Kaisers Alexius Comnenus. Die achte fiel auf 1155, in die Epoche des Conciliums zu Soissons, wo König Ludwig von Frankreich und die Reichsbarone in die Hände der Bischöfe den Eid ablegten, daß sie sich des bisher von ihnen ausgeübten Straßenraubes begeben und wenigstens durch die nächsten zehn Jahre den Landfrieden erhalten wollten. Die neunte Erscheinung traf in das Jahr 1231, und wird nur von chinesischen Schriftstellern erwähnt. Die zehnte fiel in d. J. 1305. Der Komet dieses Jahres soll durch seine außerordentliche Größe allgemeinen Schrecken verbreitet haben. Ihm folgte, unmittelbar nach einem sehr strengen Winter, eine verheerende Pest, die Europa durch sieben Jahre mit Leichen bedeckte. Die eilfte endlich traf in das Jahr 1379 oder 1380, in welchen Jahren Alstedius und Lubieniecius zweier großer Kometen erwähnen. Der letzte dieser beiden Schriftsteller ist der eigentliche Vater der Kometographie, sofern diese Erscheinungen der Geschichte und nicht der Astronomie angehören. Er hat uns eine Sammlung aller in älteren Schriften zerstreuten Nachrichten über Kometen überlassen, die er in seinem Theatrum Cometicum, 2 Bände in Folio, mit vielem Fleiße gesammelt hat.

Dieß sind die Erscheinungen von Kometen aus den früheren Zeiten, die man für Wiederkünfte des Halley'schen Kometen halten könnte, da die Zwischenzeiten dieser Erscheinungen gut genug mit der bekannten Umlaufszeit dieses Kometen übereinstimmen. Allein da dieser Himmelskörper in manchen Zeiten sehr viele erscheinen, und da man vor dem fünfzehnten Jahrhunderte keine eigentlichen astronomischen Beobachtungen an denselben anzustellen pflegte, so wird die Identität der erwähnten Kometen mit dem Halley'schen wahrscheinlich immer unbestimmt bleiben.

§. 169. (Spätere, gewisse Erscheinungen des Halley'schen Kometen. Erste Erscheinung.) Die erste verläßliche, weil durch astronomische Beobachtungen constatirte, Erscheinung dieses Kometen fällt, wie gesagt, in das Jahr 1456. Er zeigte sich in diesem Jahre in den Sternbildern vom Stiere bis zum Löwen mit ungemeiner Pracht, da er der Sonne und der Erde zugleich sehr nahe stand. Sein Schweif hatte während seiner glänzendsten Periode eine Länge von 60 Graden, und er breitete sich gegen sein Ende in Gestalt eines Pfauenschweifes aus. Zur Zeit seiner Sonnennähe soll sein Kern das intensive Licht eines Fixsterns gehabt haben. Da man ihn anfangs am Morgen oder vor Sonnenaufgang, und später,

Digitized by Google

nachdem er einige Zeit ganz verschwunden war, wieder Abends bald nach Sonnenuntergang am Himmel gesehen hatte, so glaubte man, daß zwei verschiedene Kometen nach einander erschienen seyen. Allein mehrere Beobachter hatten bereits die richtige Ansicht gewonnen, daß diese beiden Erscheinungen nur einem und demselben Kometen angehören, dessen Sichtbarkeit nur durch seine Annäherung zur Sonne einige Zeit unterbrochen wurde, und der dann, als er auf die andere oder östliche Seite der Sonne getreten war, auch im Osten von derselben, d. h. bald nach Sonnenuntergang, am abendlichen Himmel gesehen werden mußte.

Fünf Jahre früher, i. J. 1451, hatte Mahomed II. Constantinopel erobert und dadurch dem seit Constantin M. bestehenden griechischen Kaiserthume ein Ende gemacht. Allein ein anderer großer Komet von 1454 hatte bei den siegreichen Türken großen Schrecken verbreitet, indem sie ihn für die Anzeige eines allgemeinen Kreuzzuges der gesammten europäischen christlichen Heere gegen sie hielten. Zwei Jahre später, als die Türken, dieser Anzeige ungeachtet, sehr glückliche Fortschritte gemacht und besonders das deutsche Reich mit ihren siegreichen Heeren zu überschwemmen gedroht hatten, erschien jener Komet von 1456 und verbreitete jetzt einen noch größeren Schrecken, aber nicht mehr unter den Türken, sondern unter den Christen, die ihn für nichts weniger, als den Vorboten ihres gemeinsamen Unterganges betrachteten. Calvisius, einer der Chronisten jener Zeit, berichtet uns: His (cometa et bello) exterritus Papa Calixtus III. ad advertendam Dei iram aliquot dierum supplicationes indixit, constituitque in urbibus, ut in meridie campanae pulsarentur, ut omnes de precibus contra Turcarum tyrranidem fundendis admonerentur. Nicht umsonst, wie es scheint, denn schon in dem ersten Jahre des Feldzuges erscholl die freudenvolle Nachricht von der völligen Niederlage der Türken. So willkommen dieselbe der ganzen Christenheit im Allgemeinen seyn mochte, so verlegen machte sie zugleich die Kometendeuter. Der eine, Cromerus, wußte sich aber schnell zu helfen, indem er den Kometen Christianis laetum nuntium claude Turcica et turpi fuga Mahomedis nannte. Andere suchten dem Kometen, der nun einmal nichts als Unglück vorhersagen sollte, sein altes Ansehen zu wahren, und bezogen seine Erscheinung nicht auf die Flucht der Türken, sondern auf den bald darauf erfolgten Tod des Helden jener Tage, Johannes Corvinus Hunjady, an welchem das Christenthum eine mächtige Stütze verlor.

§. 170. (Zweite Erscheinung) Die zweite verläßliche Wiedererscheinung unseres Kometen traf in das Jahr 1531. Er war dießmal weniger groß und glänzend, auch genoß zu derselben Zeit ganz Europa eines allgemeinen Friedens. Peter Bienewitz, oder wie er sich dem damaligen Gebrauche zufolge nannte, Apianus, kaiserlicher Astronom zu Ingolstadt unter Carl V. und Ferdinand I., lieferte uns die besten Beobachtungen von diesem Kometen, wie sie denn zugleich überhaupt die ersten eigentlich astronomischen Beobachtungen sind, die wir von irgend einem Kometen erhalten haben. Er stellte auch der Erste die im Allgemeinen sehr wichtige Bemerkung auf, daß der Schweif der Kometen der Sonne immer gegenüberstehe, was nothwendig auf einen Zusammenhang dieser Himmelskörper mit der Sonne leiten mußte. Auch in dieser Erscheinung sah man den Kometen zuerst Morgens am östlichen und später Abends am westlichen Himmel, und obschon auch jetzt noch Einige von zwei Kometen sprechen wollten, so hatte sich doch schon die oben erwähnte richtige Ansicht so sehr befestigt, daß einer der Astronomen jener Zeit die Vertheidiger der Duplicität des Kometen ohne weitere Umstände für ein

Digitized by Google

imperitum vulgus erklärte. Desto mehr hingen aber dafür beinahe alle Astronomen jener Zeit noch an der Meinung, daß diese Himmelskörper Vorzeichen von herannahenden Unglücksfällen seyn sollen. Zwar regte sich bereits da und dort die so lange verborgen gebliebene Wahrheit, daß diese Körper, den Planeten ähnliche Wesen, sich so, wie diese, am Himmel bewegen und mit den Schicksalen der Menschen nichts gemein haben. Aber diese Aeußerungen, so bescheiden und furchtsam sie auch vorgetragen wurden, hatten doch das Schicksal, selbst unter den ersten Gelehrten jener Zeit Gegner zu finden und allgemein für unrichtig, wohl auch für irreligiös verschrieen zu werden. Milichius, einer der angesehensten Schriftsteller des sechszehnten Jahrhunderts, war einer der Vorkämpfer in der Vertheidigung der alten Meinung von den Kometen, und nachdem er seine Gegner durch sehr triftige Gründe, wie er glaubte, widerlegt hatte, stellte er selbst die Behauptung auf, daß die Kometen eine Art von Zwittergattung unter den Weltkörpern wären, indem sie aus den Conjunctionen der Planeten unter sich oder aus den Sonnen- und Mondes-Finsternissen entstehen. Auf diese Weise galt ihm der gegenwärtige Komet für ein Produkt der Conjunction des Saturn mit Mars und Merkur im Sternbilde des Stiers. — Nicht so dachte der bereits oben erwähnte Lubieniecius. Zwar betrachtete er die Kometen nicht aus einem eigentlich astronomischen Standpunkte, aber er bemühte sich wenigstens, die Hindernisse wegzuräumen, welche einer solchen Betrachtung bisher im Wege gestanden waren, und vor Allem dem Vorurtheile und dem Aberglauben zu steuern, der, so lange er herrschte, keine bessere Erkenntniß aufkommen ließ. So viel er kann, benützt er eifrig jede Gelegenheit, zu zeigen, daß die Erscheinungen der Kometen eben so oft von freudigen, als von traurigen Ereignissen begleitet sind, und daß sie daher mit diesen Ereignissen selbst in keinem weiteren Zusammenhange stehen. Bald fanden sich auch andere Männer, die es wagten, gegen die allgemeine Meinung aufzutreten und den bisher so ungerechter Weise verläumdeten Kometen das Wort zu reden. So sagt der bekannte Grynäus: „Ich kann mich nicht genug über die Kühnheit „und Unwissenheit einiger Menschen verwundern, die sich nicht scheuen, „aus der Erscheinung der Kometen ohne allen Grund Mißwachs oder „sonst ein anderes Unglück vorher zu sagen.“ Und Thomas Erastus schrieb in der Mitte des 16ten Jahrhunderts die für jene Zeit sehr treffenden Worte: „Wollte Gott, daß die Kriege keine andere Ursache hätten, als „die durch die Wirkung der Kometen aufgereizte Galle der Machthaber. „Ein einziger geschickter Arzt könnte dann mit einer kleinen Dosis Rha„barber oder Rosensyrup das Glück eines ganzen Landes erhalten.“

§. 171. (Dritte Erscheinung.) Das drittemal erschien unser Komet i. J. 1607, wo er gegen das Ende Octobers sein Perihelium erreichte. Dieß war die Zeit, wo Elisabeth in England und Heinrich IV. in Frankreich ihre Völker groß und glücklich zu machen suchten und wo Kepler das große Gesetzbuch des Himmels entdeckte. Die damalige Erscheinung des Kometen hat viel Aehnliches mit derjenigen, die im Jahre 1835 Statt hatte. Im Jahre 1607 trat er am 26sten October in sein Perihel, und seine kleinste Entfernung von der Erde war fünf Millionen Meilen. Er durchlief den untern Theil des großen Bären, ging durch die Mitte des Bootes, durchzog dann das Sternbild der Schlange und verschwand im Fuße des Bootes. Im Jahre 1835 aber erreichte er sein Perihel um die Mitte Novembers, näherte sich der Erde bis auf vier Millionen Meilen, durchlief die Sternbilder des großen Bären und des Bootes und verschwand in der Schlange. Die besten Beobachtungen

Digitized by Google

jener Erscheinung von 1607 sind von Kepler, Longomontan und von den Engländern Harriot und Torporley. Nach Keplers Bericht hatte der Komet gegen Ende des Septembers 1607 noch einen sehr schwachen und kaum bemerkbaren Schweif, indem der Kopf desselben einem nicht ganz runden Ballen von der Größe Jupiters glich, dessen Licht aber schwach und blaß, wie das des Mondes war, wenn er im Halbschatten der Erde steht. Einige Tage später wurde sein Schweif bemerkbarer, doch war er abwechselnd kurz und plötzlich wieder sehr lang, ähnlich den Streifen in der Luft, die man oft bei der Sonne bemerkt, wenn sie, wie der gemeine Mann sagt, Wasser zieht. Gegen das Ende der Erscheinung wurde der Kopf immer kleiner, und der Schweif verschwand wieder einige Zeit vor dem Kopfe.

Schon einige Jahre vorher hatten Tycho Brahe und Möstlin die Behauptung aufgestellt, daß die Kometen nicht Meteore seyen, die sich bloß in unserer Atmosphäre erzeugen, sondern daß sie als eigene Himmelskörper betrachtet werden sollen, die sich in Kreisen um die Sonne bewegen. Die gegenwärtige Erscheinung brachte Kepler auf die Idee, daß die Bahnen der Kometen gerade Linien seyen. Beide Meinungen waren irrig, aber sie sind doch immer als die ersten Schritte zur künftigen Theorie, zu einer eigentlichen Bahnbestimmung dieser Himmelskörper zu betrachten.

Diese Erscheinung gab auch den Astrologen jener Zeit wieder Gelegenheit, ihre Künste zu üben. Im Anfange seiner Sichtbarkeit war Jupiter in Opposition und Merkur in Conjunction mit der Sonne, und am Ende derselben stand Jupiter dem Mars gerade gegenüber am Himmel. Stoff genug, um daraus eine Menge von Vorhersagungen abzuleiten. Am klügsten benahm sich noch Krüger, der, um ganz sicher zu gehen, die Mittelstraße hielt, und von Merkur Stürme und Ungewitter, von Jupiter schönes Wetter und von Saturn Krankheiten und anderes Unglück ableiten will, woraus er den Schluß zog, daß der Komet sagen wolle, es werde Krieg mit Frieden und Gutes mit Bösem abwechseln.

Die oben nach Kepler's Bemerkung angeführte schnelle Verkürzung und Verlängerung seines Schweifes ist sehr merkwürdig, und sie ist auch von Cysatus an dem Kometen von 1618, von Hevel an denen von 1652 und 1661, und erst in unsern Zeiten von Schröter an dem Kometen von 1807 und von Chladni (oben §. 157) an dem von 1811 bemerkt worden. Die beiden letzten zeigten so schnelle Aenderungen in der Länge des Schweifes, daß die Geschwindigkeit, mit welcher die Lichtmaterie derselben durch den Weltraum fuhr, selbst die des Lichtes bei weitem übertroffen haben müßte. — Noch wollen wir bemerken, daß Gottfried Wendelin aus der von ihm beobachteten Erscheinung des Jahres 1607 diejenige vorauszusagen wagte, welche man in den folgenden Zeiten an ihm bemerken würde. In der Zukunft, sagt Wendelin, wird der Komet wie eine feurige Lanze oder gleich einem flammenden Schwerte erscheinen, das sich in eine feine Spitze endet; sein Licht wird sich kurz vor seinem Untergange auflösen und zerstreuen, ähnlich dem fliegenden Saamen mancher Blumen u. s. Wir haben bereits gesehen, wie gut oder schlecht Wendelin vor 228 Jahren rathen konnte. Von dem obgleich sehr unansehnlichen Schweife unseres Kometen zur Zeit seiner Erscheinung von 1607 weiß der schon angeführte Krüger, Astronom in Danzig, mancherlei schöne, drollige Dinge zu erzählen, von denen wir nur Folgendes hier kurz und mit seinen Worten anführen: „Es haben mehrere befunden, daß die Kometen ihren schwantz allzeit von der Sonnen hindan „gewandt, aber obwohlen Tycho vom Kometen d. J. 1577 demonstriret, daß

Digitized by Google

„dessen schwantz vielmehr nach der Venere, als nach der Sonnen sich gerich„tet, so bekennet er doch auch, daß er nicht eingesehen, wie Venus so mäch„tig seyn solle, daß ihr licht einen so großen schwantz generiren könne u. s. w.“

§. 172. (Vierte Erscheinung.) Die vierte gewisse Erscheinung des Halley'schen Kometen fällt in das Jahr 1682, und dieß ist, wenn man so sagen darf, die Zeit seiner wissenschaftlichen Geburt. So oft er sich auch bisher den Menschen gezeigt hatte, immer hatte man ihn nur als einen Fremdling angestaunt, oder als einen Vorboten des Unglücks betrachtet. Zwanzig Jahre früher hatte wohl Hevel die Meinung aufgestellt, daß die Kometen Himmelskörper seyen, die in Parabeln um die Sonne laufen. Aber es war eben nur eine Meinung, die aller Beweise ermangelte und fruchtlos wieder verhallte, so sehr sie auch geeignet seyn mochte, uns der so lange verkannten Wahrheit endlich einmal näher zu führen. Hätte Hevel durch Rechnungen gezeigt, daß man nur seine Hypothese annehmen dürfe, um sofort den Lauf und die Geschwindigkeit der Kometen für jede gegebene Zeit, den Beobachtungen gemäß, zu bestimmen, so wäre Er, und mit Recht, für den eigentlichen Begründer der Kometenlehre angesehen worden. Aber es fehlte ihm viel, dieses hohe Ziel zu erreichen. Diese Palme war, wie so viele andere, dem ersten Menschen seiner und vielleicht aller Zeiten, sie war Newton vorbehalten.

Dieser außerordentliche Mann hatte das Gesetz gefunden, nach welchem sich die himmlischen Körper um die Sonne bewegen: das Gesetz der allgemeinen Schwere, von welchem die drei sogenannten Kepler'schen Gesetze nur ein Ausfluß, eine bloße Folge sind. Und nachdem er gezeigt hatte, daß die Planeten in ihren Bewegungen diesem Gesetze gehorchen, wandte er dasselbe auch auf die Kometen, und zwar zuerst auf den großen Kometen von 1680 an, dessen Bahn und Geschwindigkeit er, den Beobachtungen vollkommen gemäß, bestimmte, so daß an der Wahrheit der von ihm aufgestellten Systeme weiter kein Zweifel Statt haben konnte.

Halley, Newtons Zeitgenosse und Freund, war der erste, der die neue Lehre aufnahm und sie insbesondere zur weitern Ausbildung der Kometentheorie zu benützen suchte. Seine Absicht ging anfangs nur dahin, die bis zu seiner Zeit eigentlich astronomisch beobachteten Kometen nach Newtons Vorschriften zu berechnen, und dadurch die Richtigkeit dieser Vorschriften zu erweisen. Zu diesem Zwecke berechnete er anfangs 24 Kometenerscheinungen, und da unter diesen auch jene von den Jahren 1531 und 1607 waren, so erkannte er, durch die Aehnlichkeit der Elemente derselben mit der gegenwärtigen von 1682, sofort die Identität dieser drei Kometen. Bisher hatte er alle diese Kometen nur in der abgekürzten, parabolischen Theorie berechnet, die auch in der That hinreichte, die Orte derselben mit den Beobachtungen übereinstimmend darzustellen. Da er aber in den Erscheinungen der drei letztgenannten Jahre eine Periode von nahe 75 Jahren erkannte, so legte er, in einer zweiten Berechnung, denselben die elliptische Hypothese zu Grunde, und fand dadurch seine frühere Bemerkung der Identität dieser drei Kometen vollkommen bestätiget. Anfangs zwar wäre er bald an der bereits erkannten Wahrheit wieder irre geworden, da er diese Periode zwischen den verschiedenen Erscheinungen nicht gleich groß bemerkte. So fand er die Zwischenzeit von den Durchgängen des Kometen durch sein Perihel in den Jahren 1531 und 1607 nur 27352 Tage, während diese Zeit für die Jahre 1607 und 1682 volle 27937 Tage, also 585 Tage mehr betrug, als zuvor. Aber er war scharfsinnig genug, zu finden, daß die ungemeine Nähe, in welcher der Komet bei den zwei großen Planeten Jupi-

Digitized by Google

ter und Saturn vorüberging, die Ursache dieser Verschiedenheit gewesen sey, und daß daher die früher vermuthete Identität dadurch nicht aufgehoben werde. Ueberdieß fand er in den Jahren 1456, 1380 und 1305, also nahe immer in derselben Zwischenzeit von 75 oder 76 Jahren noch drei andere Erscheinungen, die er zwar, aus Mangel eigentlicher astronomischer Beobachtungen, der strengen Rechnung nicht unterwerfen konnte, die aber, den von ihm gesammelten Nachrichten der Geschichtschreiber jener Zeiten zufolge, immer noch sehr gut zu seiner Hypothese paßten, und dieselbe noch weiter zu bestätigen schienen. Er wurde durch alle diese Untersuchungen seiner Sache endlich so gewiß, daß er mit edler Kühnheit die Wiederkehr desselben Kometen auf das Jahr 1758 ankündigte: die erste Vorhersagung dieser Art, die auch glücklich eingetroffen ist.

§. 173. (Fünfte Erscheinung.) Diese fünfte Erscheinung unseres Kometen hatte im Jahre 1759 Statt, wo er am 12ten März durch sein Perihel ging. Halley hatte, nach einer bloßen Schätzung der Wirkungen, welche Jupiter und Saturn auf ihn ausüben könnten, seine Wiederkehr auf das Ende des Jahres 1758 oder auf den Anfang von 1759 angekündiget. Diese Vorhersagung war schon an sich für die Astronomen sehr wichtig, und sie hing überdieß so innig mit dem nur vor Kurzem entdeckten Gesetze der allgemeinen Schwere zusammen, daß sie die Aufmerksamkeit aller Astronomen erregen mußte. Sie suchten ihn bereits seit dem Anfange des Jahres 1757, während Clairaut, der einer der Ersten die Theorie der planetarischen Störungen zu entwickeln bestrebt war, sich damit beschäftigte, durch die Analyse die Veränderungen zu bestimmen, welche die Anziehung der beiden genannten Planeten auf ihn gehabt haben konnten. Am 14ten November 1758 berichtete er der Akademie zu Paris, daß, seinen Rechnungen zufolge, der Komet gegen die Mitte des Aprils 1759 sein Perihel erreichen würde. Er setzte hinzu, daß die Abkürzungen, die er sich bei seinen Rechnungen erlaubt habe, diese Epoche um höchstens einen Monat verspäten oder beschleunigen dürfte, wenn nicht etwa der Komet noch bei einem andern Planeten nahe vorbei gegangen ist, der zu entfernt ist, um von uns gesehen zu werden. So nahe seine Vorhersagung auch eintraf, da sie nur einen Monat von der Wahrheit entfernt war, so würde er die Wiederkehr des Kometen zu seinem Perihel noch viel genauer, nämlich auf den 24sten März, nur 12 Tage zu spät, angesagt haben, wenn er die wahre Masse Saturns, wie sie uns erst später bekannt geworden ist, hätte anwenden können, selbst ohne weitere Rücksicht auf die großen Wirkungen des Planeten Uranus, von dessen Existenz man zu Clairaut's Zeiten noch nichts ahnden konnte.

Diese Erscheinung zeichnete sich dadurch aus, daß sie von einem doppelten Verschwinden des Kometen begleitet war. Der Komet wurde gegen das Ende des Jahres 1758, also vor seinem Perihelium, entdeckt. Um die Mitte Februars näherte er sich, von der Erde gesehen, der Sonne so sehr, daß er endlich in den Strahlen derselben verschwand. Gegen das Ende des März trat er aus derselben wieder mit neuem Glanze hervor und verschwand am 22sten April zum zweitenmal, wenigstens für die europäischen Astronomen, weil er so tief unter den Aequator herabstieg, daß er von der nördlichen Hemisphäre der Erde nicht mehr gesehen werden konnte. Am 28sten April fing er wieder an, sich aus seinen südlichen Regionen gegen den Aequator zu erheben und für uns neuerdings sichtbar zu werden, bis er endlich in den ersten Tagen des Junius völlig verschwand und sich weiter in die fernen Gegenden des Himmels verlor, wo kein Fernrohr ihn mehr erreichen kann. Der erste, der den Kometen bei dieser Erscheinung bemerkte, war ein Bauer, Palitsch, bei

Digitized by Google

Dresden, der ihn am 25sten December 1758 entdeckt hatte. In Paris fand ihn der später als Kometensucher berühmte Messier gegen die Mitte des Januars 1759, der ihn auch eben so fleißig als gut beobachtete. Nach den Nachrichten Messiers hatte er einen beträchtlichen Schweif und einen bedeutenden Kern von weißem, der Venus ähnlichem Lichte. Uebrigens hat man auch Beobachtungen dieser Erscheinung von Cassini de Thury, Maraldi, Lacaille, Lalande und beinahe allen damals lebenden Astronomen. De la Nux, der ihn auf der Insel Bourbon sehr eifrig beobachtete, gibt den Schweif desselben, zur Zeit seiner schönsten Erscheinung, Anfangs Mai, auf 47 Grade Länge an, aber derselbe wurde gegen Ende dieses Monats schon wieder sehr klein und beinahe unmerklich.

Erst spät nach dieser Erscheinung, erst in unseren Tagen, wurde dieselbe einer genauen Berechnung, mit Berücksichtigung aller planetarischen Störungen, unterworfen, durch welche Arbeiten sich Burckhardt, später Damoiseau in Paris und zuletzt Pontecoulant und Rosenberger ausgezeichnet haben. Pontecoulant hat die Elemente dieses Kometen, wie sie für die Zeit der nächstkünftigen Erscheinung (im November 1835) Statt haben sollen, auf folgende Weise angegeben:

Länge des Perihels 304° 31′ 43″;
Durchgang des Kometen durch das Perihel am 7ten Nov. 1835;
Länge des aufsteigenden Knotens der Bahn 55° 30′ 0″;
Neigung gegen die Ekliptik 17° 44′ 24″;
Excentricität in Theilen der halben großen Axe 0.96752;
Richtung des Laufes retrograd.

Nähere Nachrichten über diese Erscheinungen und den Kometen selbst findet man in den „Beiträgen zu einer Monographie des Halley'schen „Kometen von C. L. v. Littrow. Wien 1834." — Unsere Leser haben ihn in den letzten Monaten des Jahres 1835 und in den ersten des folgenden wohl Alle gesehen, und wir halten es daher für überflüssig, hier zu wiederholen, was schon in so vielen gleichzeitigen Schriften von dieser sechsten und letzten Erscheinung des Halley'schen Kometen gesagt worden ist.

§. 174. (Komet von Olbers.) Bis zum Jahre 1815 konnte man nur von diesem Halley'schen Kometen die Wiederkunft mit Sicherheit angeben. Allein am 6ten März dieses Jahres entdeckte Olbers einen andern, zwar nur kleinen und unansehnlichen Kometen, der aber dadurch merkwürdig ist, daß die Umlaufszeit desselben nahe 75 Jahre beträgt. Sein größter Abstand von der Sonne hat 33.98 und sein kleinster nur 1.22 Halbmesser der Erdbahn. Seine halbe große Axe ist 17.6 Halbmesser der Erdbahn, und seine Excentricität 0.931 seiner eigenen Halbaxe, oder 16.38 Halbmesser der Erdbahn. Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik beträgt 44 Grade, und die Länge seines aufsteigenden Knotens 83, so wie die Länge seines Perihels 149 Grade. Die Richtung seiner Bewegung ist direct oder von West gen Ost. Auch diese Bahn (m. s. Fig. 55) hat eine solche Lage gegen die Erdbahn, daß der Komet der Erde nie nahe kommen, ihr also auch nie gefährlich werden kann. Daß er früher noch nie gesehen worden ist, rührt ohne Zweifel daher, weil man den kleinen, schwach beleuchteten Körper nicht bemerkte. Sein nächster Besuch wird erst auf das Jahr 1887 fallen, wo er am 9ten Februar durch seine Sonnennähe gehen wird. Wir wünschen, daß ihn dann, von heute über 51 Jahre, noch recht viele unserer Leser sehen und beobachten mögen.

§. 175. (Komet von Encke.) Der dritte Komet, dessen Umlauf uns bekannt ist, wurde von dem berühmten Kometenjäger Pons in Marseille

Digitized by Google

am 26sten November 1818 entdeckt. Encke, der ihn einer sehr genauen Rechnung unterwarf, erkannte der Erste seine Umlaufszeit von nahe 3 Jahren und 115 Tagen. Er wurde schon früher dreimal, in den Jahren 1786, 1795 und 1805 gesehen und beobachtet, aber ohne daß man seine für einen Kometen doch so auffallend kurze Umlaufszeit bemerkt hätte. Die halbe große Axe seiner Bahn beträgt 2.2 und die halbe kleine 1.2 Halbmesser der Erdbahn. Die Excentricität derselben ist 0.849 Halbmesser seiner eigenen Bahn oder 1.87 Halbmesser der Erdbahn. Demnach beträgt seine größte Entfernung von der Sonne 4.07 und seine kleinste 0.33 Halbmesser der Erdbahn. Die Neigung seiner Bahn ist 13, die Länge des aufsteigenden Knotens 335 und die seines Perihels 157 Grade. Seine Bewegung endlich ist direct, wie die aller Planeten.

Dieser Komet gehört zu den kleinen und schwachen Kometen, und er hat eine kugelförmige Gestalt ohne merklichen Schweif (m. s. Fig. 83). Auch er kann der Erde nie nahe kommen und noch weniger mit ihr zusammenstoßen, daher wir von ihm nichts zu fürchten haben. Encke fand durch seine Berechnungen, daß die große Axe seiner Bahn, also auch, nach dem dritten Kepler'schen Gesetze (I. §. 146) seine Umlaufszeit immer kleiner wird, eine sehr auffallende Erscheinung, da diese Elemente, wie man weiß, bei allen Planeten durchaus beständig und auch nicht der geringsten Veränderung unterworfen sind. Encke sucht die Ursache davon in dem Widerstande, welchen der durch den ganzen Weltraum verbreitete Aether, seiner großen Feinheit ungeachtet, einem so lockern und wenig dichten Körper entgegen setzt, während derselbe auf die viel dichteren Planeten keinen für uns merkbaren Einfluß ausübt.

Auf den ersten Blick könnte es sonderbar scheinen, daß der Widerstand eines solchen Mittels, in welchem sich ein Körper bewegt, die Geschwindigkeit desselben *beschleunigen* soll, denn das thut sie, wenn dadurch der Halbmesser der Bahn kleiner, oder wenn der Komet der Sonne näher gerückt wird. Allein man wird sich erinnern, daß auf einem um die Sonne gehenden Himmelskörper immer zwei Kräfte wirken: die anziehende Kraft dieser Sonne und die Tangentialkraft, die von einem ursprünglichen Stoße herrührt, welchen der Komet im Anfange seiner Bewegung erhalten hat. Nach der letzten Kraft bestrebt sich der Komet, in jedem Augenblicke nach der geradlinigen Tangente seiner Bahn fortzugehen, von welcher er, durch die erste Kraft, immer wieder gegen die Sonne abgelenkt oder der Sonne genähert wird. Die Gesammtwirkung beider Kräfte macht ihn dann in der *krummen* Bahn fortgehen, die er in der That um die Sonne beschreibt. Durch den Widerstand jenes Mittels wird nun ihre Tangentialkraft offenbar *vermindert*, und das ist, da es sich hier nur um die Verhältnisse beider Kräfte handelt, ganz eben so viel, als ob die Attractionskraft der Sonne *vermehrt* worden wäre, so daß also die Sonne, wegen jenes Mittels, ihn stärker anziehen, ihn näher zu sich ziehen und eben dadurch auch seine Geschwindigkeit vermehren oder seine Umlaufszeit vermindern muß. Wenn die Bahn des Kometen eine feste, kanal-ähnliche Bahn wäre, wenn z. B. eine Kugel von Metall oder Elfenbein sich in irgend einer krummen Röhre bewegte, so ist kein Zweifel, daß sie sich in dem leeren Raume dieser Röhre schneller, als in einer mit Luft oder Wasser gefüllten Röhre bewegen würde, so daß also hier der Widerstand des Wassers in der That eine Verzögerung, und nicht, wie dort, eine Beschleunigung der Geschwindigkeit des Körpers hervorbringen würde. Allein die himmlischen Körper bewegen sich in keinen solchen festen Kanälen, sondern bloß in imaginären Bahnen, die nachgeben oder sich ändern, sobald

Digitized by Google

irgend eine äußere Kraft auf den Körper einwirkt, welcher in dieser Bahn einhergeht.

Außer den vier bereits erwähnten Erscheinungen haben wir diesen Kometen auch schon in den Jahren 1822, 1825, 1828, 1832 und 1835 gesehen. Wir werden ihn im Jahre 1838 gegen den 20sten December wieder durch sein Perihelium gehen sehen.

§. 176. (Komet von Biela.) Der vierte und letzte Komet, dessen Umlauf wir bisher mit Gewißheit angeben können, ist der, welchen Biela, ein österreichischer Offizier, am 28sten Februar 1826 zu Josephsstadt in Böhmen entdeckt und von dem er auch zugleich seine Umlaufszeit zu 6 Jahren und 270 Tagen bestimmt hat. Seine halbe große Axe beträgt 3.6 und seine halbe kleine 2.4 Halbmesser der Erdbahn. Die Excentricität seiner Bahn ist der 0.74ste Theil seiner Halbaxe oder gleich 2.66 Halbmesser der Erdbahn, so daß also seine größte Entfernung von der Sonne 6.26 und seine kleinste nur 0.94 Halbmesser der Erdbahn beträgt. Die Neigung seiner Bahn gegen die Ekliptik ist 13, die Länge seines aufsteigenden Knotens 249 und die seines Peribels 108 Grade. Auch dieser Komet wurde bereits in den Jahren 1772 und 1805 beobachtet, aber damals noch nicht als einer von so kurzer Umlaufszeit erkannt. Er erschien uns bisher nur als ein kleiner, runder, matt erleuchteter Nebel ohne Schweif mit einem feinen Lichtpunkte in seiner Mitte. Der Durchmesser dieses kugelförmigen Nebels soll, nach Schröters Messungen, im Jahre 1805, nahe $5\frac{1}{2}$ Erddurchmesser oder 9460 d. Meilen betragen haben. Der eigentliche Kern des Kometen aber soll, nach demselben Beobachter, kaum 20 Meilen im Durchmesser enthalten. Das letztemal ist er uns i. J. 1832 erschienen, wo er am 27ten Nov. durch sein Perihelium gegangen ist. Bei seiner nächsten Wiederkunft i. J. 1838 werden wir ihn gegen Ende Octobers wieder sehen.

§. 177. (Gefährliche Lage von Biela's Kometenbahn.) Wenn man in der Zeichnung der Fig. 55, in welcher alle die vier bisher erwähnten Kometenbahnen sammt jenen der Planeten dargestellt sind, die Lage zweier Planetenbahnen, z. B. die des Jupiter und der Erde mit einander vergleicht, so sieht man auf den ersten Blick, daß diese beiden Bahnen in allen ihren Punkten sehr weit von einander entfernt sind, und daß daher eine Begegnung oder auch nur eine starke Annäherung dieser beiden Planeten für alle künftigen Zeiten ganz unmöglich ist, so lange nicht eine oder beide Bahnen eine völlige Aenderung erleiden. Eben so verhalten sich auch die meisten Kometenbahnen, unter sich sowohl, als auch gegen die Planetenbahnen. Noch vor wenig Jahren kannte man keine einzige Kometenbahn, welche der eines andern Planeten oder Kometen so nahe käme, daß man einen Durchschnitt beider Bahnen befürchten könnte. Zwar scheint es in derselben Zeichnung, als ob die erwähnten vier Kometenbahnen mehrere Planetenbahnen durchschnitten. Aber in dieser Zeichnung ist die Neigung dieser Bahnen gegen die Ebene der Ekliptik, der größeren Einfachheit wegen, nicht ausgedrückt worden, so daß daher die Linien, welche hier einander zu durchschneiden scheinen, weit über oder unter einander liegen, und daher auch sehr weit von einander entfernt seyn können. Um sich davon zu überzeugen, ziehe man nur die geraden Linien durch die Sonne, welche die oben bei diesen Kometen angezeigten Knotenlinien ihrer Bahnen angeben. Bei Encke's Kometen z. B. fällt der aufsteigende Knoten in die Länge von 335 Graden, also sehr nahe in sein Aphelium. Dieses letzte liegt aber, wie die Zeichnung zeigt, mitten zwischen der Mars- und Jupitersbahn, und selbst weit jenseits von den Bahnen der vier neuen Planeten. Da nun die

Digitized by Google

Planeten beinahe alle sich nahe in der Ebene der Ekliptik bewegen, so kann ein Komet denselben nur dann im Allgemeinen nahe kommen, wenn sein Knoten, der ebenfalls in der Ekliptik liegen muß, der Planetenbahn nahe liegt. Da dieß hier nicht der Fall ist, so kann auch kein Zusammenstoßen dieses Kometen mit einem Planeten zu befürchten seyn, indem die übrigen Punkte der Bahn, außer den beiden Knoten, sämmtlich schon zu weit über oder unter der Planetenbahn liegen. In dem absteigenden Knoten der Bahn des Encke'schen Kometen ist eine solche Annäherung schon eher zu befürchten. Er kömmt nämlich in seinem absteigenden Knoten, der nahe in sein Perihelium fällt, wie die Zeichnung zeigt, der Bahn des Merkur sehr nahe. Wenn daher einmal in der Folge der Zeiten der Komet eben durch sein Perihelium geht, während Merkur zugleich in dem diesem Punkte nächsten Theile seiner Bahn sich aufhält, so ist, zwar kein Zusammenstoßen, wie man sieht, aber doch eine beträchtliche Annäherung beider Weltkörper vorauszusehen, und die Astronomen, die dieses schon längst bemerkt haben, wünschen ein solches Ereigniß recht bald zu beobachten, weil sie eben dadurch Gelegenheit zu erhalten hoffen, die noch immer nicht genau bekannte Masse Merkurs durch die Störungen besser zu bestimmen, welche dieser Planet dann auf den ihm so nahen Kometen ausüben wird.

Ganz anders verhält sich aber die Sache mit Biela's Kometenbahn. Zieht man auch hier die Knotenlinie durch die Sonne, die nach dem Vorhergehenden, durch die beiden Punkte 69° und 249° der Länge geht, so sieht man, daß der absteigende Knoten dieser Bahn, der in die Länge von 69 Graden fällt, sehr nahe an die Erdbahn zu liegen kömmt. Daraus folgt, daß dieser Komet einmal der Erde selbst sehr nahe kommen kann, wenn er nämlich zu derselben Zeit durch seinen absteigenden Knoten geht, während welcher die Erde in demjenigen Theile ihrer Bahn sich aufhält, der diesem Knoten so ungemein nahe liegt. Es fehlt, wie die Zeichnung, und noch genauer die Rechnung zeigt, nicht viel, daß in diesem Punkte beide Bahnen einander schneiden. Wenn daher einmal der Komet und die Erde zu gleicher Zeit in diesem ihren beiden Bahnen gemeinschaftlichen Punkte eintreffen sollten, so würden sie sich daselbst begegnen, sie würden an einander stoßen können, und die Folgen eines solchen Conflictes, ja schon die einer sehr starken Annäherung, würden wahrscheinlich für uns nicht die erfreulichsten seyn.

Um dieß noch besser zu übersehen, hat man in Fig. 59 die Bahn der Erde abc, die des Encke'schen Kometen def, und endlich die des Biela'schen Kometen aeg in ihrer wahren gegenseitigen Lage verzeichnet. Die Brennpunkte aller drei Bahnen gehen durch die Sonne S. Die beiden Kometenbahnen sind gegen die Ekliptik, welche hier durch die Erdbahn oder durch die Ebene des Papiers dargestellt wird, unter dem Winkel von 13 Graden geneigt, und man sieht von diesen zwei Kometenbahnen in der Zeichnung nur denjenigen Theil, der über der Ebene der Ekliptik liegt; der aufsteigende Knoten der Encke'schen Bahn ist in f, der absteigende in d, während der aufsteigende Knoten der Biela'schen Bahn in h und der absteigende in a liegt.

Man sieht schon beim ersten Blick auf diese Zeichnung, daß die Bahn des Biela'schen Kometen die Erdbahn in ihrem absteigenden Knoten a schneidet, und daß daher, wenn in der Folge der Zeiten dieser Komet und die Erde zu gleicher Zeit in diesem Punkte a ankommen sollten, ein Zusammenstoß beider Weltkörper herbeigeführt werden würde. In dem aufsteigenden Knoten h der Biela'schen Bahn ist dergleichen offenbar nicht zu besorgen, da dieser Punkt h der Kometenbahn sehr weit

Digitized by Google

von allen Punkten der Erdbahn abc entfernt ist. Dasselbe gilt auch von den beiden Knoten d und f der Encke'schen Bahn, von welcher der eine d wohl innerhalb der Erdbahn, aber doch auch, so wie der andere f, immer sehr weit von der Peripherie abc der Erdbahn absteht, in welcher letzten allein sich die Erde bewegt.

Allein nicht bloß mit der Erde kann der Biela'sche Komet einmal zusammentreffen, sondern auch, wie schon der bloße Anblick der Zeichnung zeigt, mit dem Encke'schen Kometen. Diese beiden Kometenbahnen schneiden sich nämlich in dem Punkte e, der beiden Bahnen gemeinschaftlich ist. Wenn man auf die oben angeführten Elemente dieser beiden Kometenbahnen die Rechnung anwendet, so findet man für die gemeinschaftliche Durchschnittslinie Se dieser zwei Bahnen den Winkel dSe = 47° 15.9′ und hSe = 132° 2.4′. Daraus folgt, daß die Entfernung dieser beiden Kometen von der Sonne, wenn sie durch jenen gemeinschaftlichen Punkt e gehen, für den Encke'schen 1.599 und für den Biela'schen 1.532 Halbmesser der Erdbahn beträgt. Eine geringe Veränderung dieser Elemente, wie sie durch die Störungen der benachbarten Planeten leicht herbeigeführt werden kann, würde diese beiden ohnehin schon nahe gleichen Entfernungen völlig gleich und dadurch ein Zusammenstoßen derselben möglich machen. Der Punkt des Himmels, in welchem diese Begegnung der zwei Kometen Statt finden kann, hat, von der Sonne aus gesehen, die Länge 21.0° und die nördliche Breite 9.8° und er ist von dem ihm nächsten Punkte der Erdbahn nur 0.655 Halbmesser dieser Bahn oder nur 15300 Erdhalbmesser verschieden, so daß unsere Nachkommen, wenn jene Begegnung der beiden Kometen um die Mitte des Octobers sich ereignen sollte, das seltene, ja bisher noch nie gesehene Schauspiel des Kampfes und vielleicht der gegenseitigen Zerstörung dieser Himmelskörper erblicken würden.

§. 178. (Starke Annäherung des Biela'schen Kometen zur Erdbahn i. J. 1832.) Aber so interessant auch ein solches Schauspiel seyn mag, so liegt doch der Conflict des Biela'schen Kometen mit unserer eigenen Erde uns und unserem eigenen Interesse noch viel näher, als daß wir uns nicht vorzugsweise mit diesem letzten beschäftigen und vor Allem zusehen sollten, was wir für uns selbst von ihm zu fürchten haben.

Dieser fatale Komet war schon im Jahre 1826 der Erdbahn ziemlich nahe gekommen, indem er nur etwa doppelt so weit, als der Mond, von derselben abstand. Allein am 29sten October 1832 war dieser Komet nur mehr 2 1/3 Erddurchmesser oder dreizehnmal weniger, als der Mond, von der Erdbahn entfernt und vielleicht noch bedeutend weniger, da die Elemente desselben noch keineswegs so genau bekannt sind, um die Distanz des Planeten von der Erde mit großer Schärfe angeben zu können. — Von der Erdbahn, sage ich, aber nicht von der Erde selbst, welche letzte zu jener Zeit noch sehr weit von dem Punkte ihrer Bahn, wo der Komet dieser Bahn am nächsten kam, und zwar über dreizehn Millionen Meilen entfernt war. Eine solche Zusammenkunft der Erde selbst mit dem Kometen kann immer nur, wenn sie sich je ereignen sollte, in den letzten Tagen des Novembers Statt haben, und zu dieser Zeit war i. J. 1832 der Komet schon wieder der Erde sehr weit vorausgeeilt. Die Furcht, welche sich damals vor diesem Kometen verbreitete, war daher durchaus grundlos, wie auch der Erfolg zeigte.

Ueberhaupt ist ein solches Zusammentreffen dieses Kometen mit der Erde nur in solchen Jahren möglich, wo der Komet erst in den letzten Tagen des Decembers durch sein Perihelium geht. Dieß geschieht aber nicht während dem ganzen Laufe des gegenwärtigen Jahrhunderts. Erst

Digitized by Google

i. J. 1933 fällt das Perihel des Kometen auf den letzten, und i. J. 2115 auf den 26ten December, allein dann können die Aenderungen und Störungen, welche seine Bahn in einer so langen Zwischenzeit erlitten hat, leicht alle Gefahr für die Erde vermindert oder auch wohl ganz entfernt haben. Da übrigens nicht nur die ganze Nebelhülle, sondern selbst der sehr kleine Kern desselben nur ein mattes Licht hat und sehr schlecht begränzt ist, so scheint der ganze Körper dieses Kometen bloß aus einem leichten Dunstgewebe zu bestehen, das kaum mit unsern Wolken zu vergleichen seyn möchte, so daß wir ein Zusammentreffen mit demselben vielleicht nicht einmal bemerken würden. Von dem Schweife aber und den verderblichen Dünsten desselben, von welchen man uns, ich weiß nicht welche schädlichen Folgen, vorerzählt hatte, haben wir durchaus nichts zu fürchten, aus dem einfachen, aber hier wohl hinreichenden Grunde, weil er gar keinen Schweif hat.

§. 179. (Was hat die Erde überhaupt von den Kometen zu befürchten?) Aber wenn wir nun auch der Besorgniß vor diesem Kometen überhoben seyn sollten, was haben wir von den andern zu hoffen oder zu fürchten? Ihrer sind, wie wir oben gesehen haben, sehr viele, und sie schwärmen in allen Richtungen um die Erde herum. Wie leicht wäre es da möglich, daß einer derselben der Erde begegnete, und daß er dann, wenn seine Masse beträchtlich ist, große Verwüstungen auf ihr erzeugen, ja am Ende die ganze Erde selbst zerstören, oder mit sich in die ungemessenen Räume des Himmels fortreißen könnte. Wenn ein solcher der Erde begegnende Komet, oder wenn auch nur sein Kern, eine feste Masse und von einer, in Beziehung auf unsere Erde, beträchtlichen Größe seyn sollte, so muß man allerdings gestehen, daß ein Zusammenstoßen desselben mit der Erde für uns sehr verderbliche Folgen haben könnte, besonders wenn sie sich in entgegengesetzten Richtungen begegnen, und wenn die Richtungen ihres Stoßes auf die Oberfläche der beiden Körper senkrecht stehen sollten.

Hören wir, was Laplace, einer der größten Geometer unserer Zeit, über die Folgen eines solchen Zusammentreffens sagt: „Dem Schrecken, welchen früher die Erscheinung eines Kometen in abergläubischen Gemüthern verbreitete, folgte in unsern Tagen die Besorgniß, daß einer dieser zahllosen Himmelskörper, welche in allen Richtungen das Planetensystem durchkreuzen, an die Erde stoßen und die Lage ihrer Axe verändern möchte. Es ist nicht schwer, sich die Folgen eines solchen Zusammenstoßes vorzustellen. — Die Axe und die Umwälzungszeit der Erde (die Länge des Tages) würden eine Aenderung erleiden; die Meere würden ihr altes Lager verlassen, um sich gegen den neuen Aequator hinzustürzen; ein großer Theil der Menschen und Thiere würden in dieser allgemeinen Wasserfluth oder auch durch den heftigen Stoß, den die Erde erhalten hat, zu Grunde gehen; ganze Geschlechter von lebenden Wesen würden ihren Untergang finden; alle Denkmäler des menschlichen Fleißes und Kunstsinnes würden vernichtet werden u. s. f.“

Dieses Gemälde ist finster genug, aber nicht übertrieben. — Wer von uns hat nicht schon selbst die Erfahrung gemacht, daß man, in einem schnell fahrenden Wagen, wenn die Pferde plötzlich stille stehen, oder wenn der Wagen an ein nicht zu überwindendes Hinderniß stößt, von seinem Sitze gleichsam *vorwärts gestoßen* wird, und zwar desto heftiger, je größer die Geschwindigkeit des Wagens war, die durch jenes Hinderniß aufgehoben oder gestört worden ist. Ganz dieselbe Erfahrung, nur in einem viel größeren Maaßstabe, würden wir auch zu machen Gelegenheit haben, wenn wir einmal mit einem Kometen zusammen-

Digitized by Google

stoßen sollten. Unsere Erde ist in der That einem Wagen zu vergleichen, in welchem wir alle um die Sonne herum fahren, und zwar mit einer so großen Schnelligkeit, daß wir in jeder Stunde gegen 17000 Meilen, also 120mal mehr als eine Kanonenkugel zurücklegen, wenn sie eben aus der Mündung des Geschützes tritt. Wenn nun diese Erde an einen Kometen von solider Masse anstoßen sollte, so würden wir und Alles, was in dem großen Wagen Bewegliches ist, die Gewässer der Flüsse und Meere, unsere Häuser selbst und unsere Felsen, gegen den gestoßenen Punkt der Erde hinstürzen und gleichsam vorwärts fallen; der ganze Ocean würde sein Gestade verlassen und von allen Seiten an jenen Ort hineilen, auf seinem Wege alle Menschen und Thiere verschlingen, unsere Städte und Wälder niederreißen, alle Länder überschwemmen und selbst die höchsten Gegenden mit seinen schäumenden Fluthen bedecken. Die wahrhaft gräßlichen Folgen einer solchen Katastrophe mögen die Leser sich selbst zu schildern suchen.

§. 180. (Gründe gegen diese Besorgnisse.) Alle die fürchterlichen Ereignisse, denen wir entgegen gehen sollen, beruhen aber auf der Voraussetzung, daß der Komet, welcher die Erde treffen werde, ein dichter, fester und in Beziehung auf die Erde auch ein beträchtlich großer Körper sey. Wir haben aber bereits im Vorhergehenden mehr als einmal Gelegenheit gehabt, zu bemerken, daß die Kometen mit eigentlich festen Körpern ganz und gar keine Aehnlichkeit zu haben scheinen. Wir sehen sie alle nur als leichte Wolken, als schwache, mattbeleuchtete Dünste, als bloße Luftgebilde, von welchen jene fürchterlichen Folgen abzuleiten durchaus kein Grund vorhanden ist.

Wenn aber selbst ein Zusammentreffen mit diesen Körpern für uns wahrscheinlich ohne alle verderbliche Folgen Statt haben kann, so wird von einem bloßen näheren Vorübergange eines Kometen noch weniger zu besorgen seyn, schon aus der Ursache, weil die Bewegung dieser Himmelskörper so äußerst schnell ist, daß sie, selbst wenn sie uns einige Augenblicke sehr nahe kommen können, schon nach wenigen Stunden sehr weit von uns entfernt seyn müssen, und daß daher auch ihre Einwirkung auf uns, wegen der ungemein kurzen Dauer ihrer größeren Anziehung, dadurch sehr verringert werden muß. Ein Komet, dessen kürzeste Entfernung von der Sonne gleich dem Halbmesser der Erdbahn ist und der daher in seinem Perihelium die Erde treffen könnte, hat in diesem Punkte seiner Bahn eine Geschwindigkeit, die ihn in einer Stunde schon durch 21000 Meilen treiben würde, eine Geschwindigkeit, welche die einer Kanonenkugel schon 80mal übertrifft. Aber noch viel größer ist, wie wir schon oben gesehen haben, die Geschwindigkeit mancher anderen Kometen, die in ihrem Perihelium der Sonne viel näher kommen.

§. 181. (Aeltere Meinungen von den Kometen.) Unsere Vorgänger, welche die Bahnen der Kometen, die sie, gleich den Planeten, nach denselben Gesetzen zurücklegen, nicht kannten, und sie daher auch weder beobachten, noch berechnen konnten, unterhielten sich größtentheils damit, ihre Meinungen von der Entstehung und Bedeutung dieser Himmelskörper aufzustellen; — Meinungen, die zuweilen, was sehr viel ist, noch etwas abgeschmackter ausfielen, als die, welche einige unserer Naturphilosophen erst in unseren Tagen aufgestellt haben. Wir wollen hier nur einige derselben mit der Kürze, die sie so sehr verdienen, näher anführen.

Plinius, der Büffon des Alterthums, zählt zwölf Gattungen von Kometen auf, deren jede ihre besondere Eigenschaft hat: die mähnenför-

Digitized by Google

migen sollen sehr geschwind laufen, die lanzenförmigen sehr blassen Ansehens seyn, die Haarkometen am längsten sichtbar bleiben und was dergleichen sinnreiche Bemerkungen mehr sind.

Aristoteles nahm nur zwei Klassen an: die bärtigen und die geschwänzten Kometen.

Der gelehrte Plutarch, der auch über Astronomie schrieb, obgleich er nichts davon verstand, behauptete ganz dreist, daß die Kometen nichts Reelles, sondern bloß ein Reflex des Sonnenlichtes, von andern Himmelskörpern zurückgeworfen, sind. Einige andere griechische Philosophen hielten die Kometen für eine Art von Coagulation der Fixsterne, die, wenn sie sich zufällig nahe kommen, wie geronnene Milch in einander fließen. Der bereits erwähnte Stagyrit erklärte sie für bloße Ausdünstungen der Erde, für Exhalationen der Klüfte und Höhlen, die in unserer Luft aufsteigen, sich eine Zeit lang daselbst herumtreiben und dann wieder verschwinden.

Nachdem man im Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts mit dem neuerfundenen Fernrohre nebst andern himmlischen Erscheinungen auch die Sonnenflecken entdeckt hatte, wurden die Kometen sofort für einerlei Ursprunges mit diesen Flecken, für bloße Ausdünstungen der Sonne gehalten, welche sie, wie unbrauchbare Schlacken von sich werfe. Hevel in Danzig, der das Fernrohr für ein sehr trügerisches Instrument hielt und es auch aus dieser Ursache nie gebrauchen wollte, eiferte gewaltig gegen diese Ansicht, die er als sehr thöricht verschrie. Er wollte nämlich die Kometen als bloße Ausdünstungen der Planeten betrachtet wissen. Kepler hielt sie, wohl nur in einer jener Stunden, in welchen er sich so gern den lebhaften Spielen seiner Phantasie zu überlassen pflegte, für Ungeheuer, die in den oberen Regionen der Luft, wie die Wallfische im Meere, herumschwimmen und die sich von den bösen Dünsten nähren, welche zuweilen die Sonne verfinstern und unsere Atmosphäre vergiften sollen, daher sie denn auch, wenn sie sich der Erde zuweilen nähern, diese Dünste über sie ausathmen und Mißwachs und pestartige Krankheiten verursachen. Andere Astronomen behaupteten, daß die Kometen böse Dünste seyen, die sich im Weltraume sammeln und dann von der Sonne angezogen werden, wo sie, wie in einem Kessel ausgekocht, nach ihrer Reinigung, als Planeten am Himmel glänzen. Claudius Comirs läßt sie im Gegentheile aus der Sonne entstehen, und von derselben, wie Schaumblasen aus einem Schmelzofen, in die Höhe steigen, wo sie sich dann so lange erhalten, bis sie platzen. Fromond sah sie als Vorboten des Untergangs der Aristotelischen Philosophie an, die damals, am Ende des 16ten Jahrhunderts, bereits in ihren letzten Zügen lag. Licetus war der Ansicht, daß die Feuersäule, welche die Juden durch das rothe Meer führte, ein Komet gewesen sey, der dem israelitischen Volke als Fackelträger zugegeben wurde. Damascenus sagt: cometas a Deo creari et moveri, quo libuerit, per angelos ad terrendos mortales, eine Meinung, die Tannerus eine opinionem christiano philosopho perquam dignissimam nennt. Auf eine analoge Weise läßt der spanische Mönch Valderama die Kometen durch eigene böse Geister aus dem Höllenpfuhle herauf treiben, um dem sündigen Menschengeschlechte einen heilsamen Schrecken einzujagen.

Ich könnte leicht noch eine gute Anzahl dergleichen Dinge anführen, wenn nicht zu besorgen wäre, daß die Leser bereits eben so müde sind, sie anzuhören, als ich, sie zu erzählen. Die meisten dieser Absurditäten vereinigen sich dahin, daß die Kometen Unglückspropheten sind und daß sie sich vorzüglich gern mit dem Schicksale der großen Herren, das heißt

Digitized by Google

Derjenigen abgeben, die sich von jeher um sie am wenigsten bekümmert haben. Der Glaube, daß die Kometen Unglück bedeuten, scheint so alt zu seyn, als das Menschengeschlecht selbst. Wo immer Krieg, Krankheit, Erdbeben, Ueberschwemmungen u. dgl. statt hatten, da waren es auch die Kometen, welche die Schuld daran tragen mußten. Besonders stark in diesem Glauben waren die Römer, die überhaupt zu den abergläubischsten Völkern der Erde gezählt werden müssen. Ihre Schriftsteller, selbst die berühmtesten, sind voll von den Vorbedeutungen, welche die Kometen mit sich führen sollen. Cicero, der sich doch sonst so klug dünkte, versichert ganz ernsthaft, daß alle Kometen Kriege und Bürgerzwiste bedeuten. Auch Plinius d. Aelt. nennt sie terrifica et non leviter saeva sidera und meint, daß besonders die dreieckigen nicht viel taugen und sehr boshafter Natur sind. Seneca, der an einem andern Orte (Nat. Hist. Lib. VII. 13) so richtige und für seine Zeiten in der That ganz unerwartete Ideen von ihnen mittheilt, erklärt doch nicht ohne niederträchtige Kriecherei, daß sie alle sehr tückische Wesen seyen, da sogar derjenige, der laetissimo Neronis imperio erschien, und der also unter einem so guten und vortrefflichen Fürsten nichts als Wohlthaten hätte bringen sollen, cum ne hic quidem Cometis veterem detraxerit infamiam. Noch bezeichnendere Stellen findet man in den römischen Dichtern, Virgil, Claudian, Tibull, u. a., die alle die Bosheit der Kometen nicht nachdrücklich genug beschreiben können. Aber auch die eigentlichen Geschichtschreiber wollten nicht hinter jenen zurück bleiben, und Thucydides, Sueton, Josephus Flavius u. a. erzählen uns eine Menge Unglücksfälle, die durch Kometen angezeigt oder selbst bewirkt worden seyn sollen. Wer Lust an solchen Mährchen hat, kann sie in des berühmten Jesuiten Riccioli's Werke (Almagestum novum) oder in des bereits oben erwähnten Lubienietz Theatrum cometicum selbst nachsehen.

Aber auch selbst die eigentlichen und unter ihnen sehr ausgezeichnete Astronomen haben sich von diesen, die Menschen so lange beherrschenden Vorurtheilen nicht ganz frei halten können, wie der folgende Auszug aus einem Aufsatze zeigt, den D'Alembert in der Encyclopédie française eingerückt und den erst im Jahr 1815 ein nicht minder geschätzter deutscher Astronom in dem von ihm herausgegebenen Almanache wieder aufgenommen hat. Die Rede ist von dem großen, schon oben erwähnten Kometen des Jahres 1680, von welchem noch zu Newtons Zeiten der schwärmerische Whiston in einem eigenen, nicht kleinen Werke die Noachische Sündfluth abgeleitet hat. Beide oben erwähnte Astronomen setzen mit Whiston voraus, daß die Umlaufszeit dieses Kometen 575 Jahre betrage, und auf diese Voraussetzung bauen sie ihre ganze Hypothese. — Geht man, sagen sie, von dem Jahre 1680 um acht seiner Perioden, d. h. um 4600 Jahre zurück, so fällt man auf das Jahr 2916 vor Chr., auf welche Zeit die meisten unserer Chronologen die Sündfluth setzen. Von da zwei Perioden vorwärts, gelangt man dem zu Jahre 1767 v. Chr., wo uns neuerdings eine große Ueberschwemmung begegnet, nämlich die des Ogyges, des Urvaters der alten Griechen, von dem seine Nachfolger leicht desto mehr erzählen konnten, je weniger sie von ihm wußten. Die dritte Erscheinung dieses Kometen fällt auf das Jahr 1192 vor Chr., in welchem nach der allerdings noch ganz unverbürgten Rechnung einiger unserer Chronologen der trojanische Krieg angefangen haben soll. Die vierte Erscheinung trifft in das Jahr 617 vor unserer Zeitrechnung oder in die Zeit der Zerstörung Ninive's, wo der große Komet gesehen wurde, von welchem in den sibyllinischen Büchern ge-

Digitized by Google

schrieben steht — was meine Leser selbst darin nachschlagen mögen. Die fünfte fällt auf das Jahr 43 vor Chr., also in das Todesjahr des C. J. Cäsar, von dessen Zusammenhang mit den Kometen wir schon oben gesprochen haben. Die sechste im Jahr 531 nach Chr. beleuchtete den Anfang der thatenreichen Regierung Justinians I. des Gesetzgebers. Die Kriege, Erdbeben und die verheerenden Seuchen, welche er dießmal mit sich brachte, sind umständlich genug in den Werken des Procopius, des Secretärs des großen Belisar, zu lesen. Die siebente Erscheinung fiel in das Jahr 1106, in dem Anfange der Kreuzzüge, wo Christen und Türken ihn mit gleichem Rechte als den Vorboten des Untergangs der Ungläubigen ansahen. Die achte fiel in das Jahr 1680, in die Zeit, die Newton mit dem Lichte seines Geistes erhellte, ohne übrigens die althergebrachten Vorurtheile von der Bedeutung dieser Himmelskörper zerstören zu können, da Milton, Newtons Zeitgenosse, in seinem verlorenen Paradiese, noch von dem Kometen sagen konnte:

From its horrid hair
Shakes pestilence and war.

Der neunte Besuch endlich soll in das Jahr 2255 fallen, wo vielleicht der Genius der Kultur seine Fackel über Europa ausgelöscht haben, und wo man nähere Nachrichten über ihn von den Geschichtschreibern und Astronomen der jetzigen Wilden in Neuholland oder in Nukahiba erhalten wird.

Und was sollen wir indessen von allen diesen artigen Zusammenstellungen des Kometen mit den Ueberschwemmungen, Kriegen, Kreuzzügen u. s. w. halten? — Sie sind, wie gesagt, auf die Voraussetzung gebaut, daß die Umlaufszeit des Kometen 575 Jahre beträgt. Und wie steht es mit dieser Voraussetzung, die man, der Himmel weiß, woher abgeleitet hat? — Wenige Worte werden genügen, diesen Tändeleien, denn anders sind sie nichts, ein Ende zu machen. Erst in unseren Tagen hat einer der geschicktesten deutschen Astronomen die sämmtlichen Beobachtungen des großen Kometen von 1680 einer strengen und sehr genauen Rechnung unterworfen und gefunden, daß seine Umlaufszeit, nicht 575, sondern volle 8800 Jahre beträgt. Mit dieser einzigen Bemerkung verschwindet daher die Basis, auf der man das ganze luftige Gebäude errichtet hat und mit ihr also auch das Gebäude selbst:

And all, which it inherit, shall dissolve
And like the baseless fabric of a vision
Leave not a wrak behind.

(Shak.)

§. 182. (Einfluß der Kometen auf die Temperatur und Witterung.) Wenn aber diese Himmelskörper mit Kriegen und Ueberschwemmungen nichts gemein haben sollen, so könnten sie vielleicht doch auf unsere Witterung und dadurch auf die Temperatur und Fruchtbarkeit der Erde ihre Wirkungen äußern? — Dieser Glaube ist in der That nicht minder allgemein, als jener. Wir wollen sehen, ob er auch eben so gut begründet ist.

Erfahrungen müssen hier entscheiden. — Hier sind sie. In dem folgenden Zeitraume von 153 Jahren sind diejenigen angegeben, in welchen ein Komet erschien und in welchen zugleich der Sommer sehr warm oder der Winter besonders kalt war.

Digitized by Google

Heißer Sommer oder warmer Winter	Kalter Sommer oder strenger Winter
1632	1665
1682	1680
1689	1683
1701	1684
1702	1695
1704	1699
1718	1706
1723	1718
1737	1729
1748	1744
1764	1766
1769	1771
1774	1784
1781	1785
1783	

Diese Tafel zeigt also in 153 Jahren 15, wo die Kometen große Wärme und 14, wo sie große Kälte gebracht haben. Und was folgt daraus? — Doch wohl, daß sie weder Wärme noch Kälte bringen, oder daß der Einfluß der Kometen auf unsere Temperatur, wenn er überhaupt besteht, für uns ganz unmerkbar ist.

Wir haben bereits oben (I. §. 90) von der mittleren Temperatur der verschiedenen Orte der Oberfläche der Erde gesprochen und gesagt, wie man dieselbe durch Beobachtungen am Thermometer finden könne. Sehen wir nun zu, ob diese mittlere Temperatur mit der Erscheinung der Kometen in irgend einem Zusammenhange steht.

Auf der Sternwarte in Wien beobachtet man seit nahe sechzig Jahren täglich dreimal den Stand des Thermometers, woraus man dann, nach dem oben Gesagten, die mittlere Temperatur jedes Jahrs durch Rechnung ableitet. Ich gebe hier der Kürze wegen nur die letzten 28 Jahre mit ihren mittleren Temperaturen nach Reaumür und mit der Anzahl der in diesen Jahren erschienenen Kometen.

	mittl. Temp.	Kometen		mittl. Temp.	Kometen
1800	+ 8.9	0	1809	+ 8.4	0
1801	9.2	1	1821	9.2	1
1802	9.2	1	1822	9.7	3
1803	7.8	0	1823	8.0	1
1804	8.1	1	1824	9.1	2
1805	7.1	2	1825	8.4	4
1806	9.3	1	1826	8.3	5
1807	9.3	1	1827	8.5	3
1808	8.0	4	1828	8.3	0

Im Mittel aus allen an dieser Sternwarte angestellten Beobachtungen ist die jährliche mittlere Temperatur Wiens gleich + 8.6. Nimmt man nun die Jahre unter 8.2 für kalte und die über 9.0 für heiße Jahre an, so findet man aus der vorhergehenden Tafel

7 heiße Jahre mit 10 Kometen
5 kalte „ „ 8 „
6 mittl. „ „ 12 „

Digitized by Google

oder mit anderen Worten, man findet

auf 10 heiße Jahre 14 Kometen
„ 10 kalte „ 16 „
„ 10 mittlere „ 20 „

woraus also, gegen die bisherige Voraussetzung, folgen würde, daß die Kometen mehr Kälte als Wärme bringen und daß die mittleren Jahre die an Kometen fruchtbarsten sind. Allein auch dieser Schluß ist offenbar nicht sicher. Die Jahre 1805 und 1808 waren sehr kalt und hatten doch, das erste 2 und das andere sogar 4 Kometen. Die Jahre 1822 und 1827 waren im Gegentheile sehr heiß, und doch hatte jedes 3 Kometen. Das heißeste von allen, das Jahr 1822, hatte 3, und das kälteste 1805, hatte 2 Kometen. — Kurz, zwischen Kometen und Temperatur ist kein Zusammenhang. Man könnte übrigens leicht von anderen Sternwarten noch viele ähnliche Zusammenstellungen anführen, wenn es der Raum erlaubte, und man würde sehen, daß sie alle das hier gefundene Resultat bestätigen.

§. 183. (Einfluß der Kometen auf die Reinheit der Witterung.) Wenn aber die Kometen keinen Einfluß auf die Temperatur haben, so können sie doch Trockenheit oder Nässe, dichte Nebel, Ungewitter, Hagel, Meteore u. dgl. erzeugen. Sie können: sie können aber auch vielleicht nicht. — Soll man nun alle diese Dinge nach einander auf die Kapelle bringen, um sie zu untersuchen? Wohin würde das führen? Ich habe es in der That versucht, die beiden letzten Jahrhunderte in Beziehung auf ihre Nässe oder Trockenheit durchzugehen; aber ich kann es nicht wagen, die Langeweile, welche mir diese Arbeit machte, meine Leser entgelten zu lassen. Sie werden mir wohl lieber auf's Wort glauben, daß ich auch zwischen diesen Dingen und den Kometen keinen weiteren, auch nicht den geringsten Zusammenhang gefunden habe. Aus allen diesen mühseligen Untersuchungen folgt nun eben — daß nichts daraus folgt.

§. 184. (Einfluß der Kometen auf Krankheiten.) Daß die Kometen auf die Krankheiten der Menschen und Thiere und selbst auf die der Pflanzenwelt einwirken, ist so lange und so fest geglaubt worden, daß man kaum anstehen kann, sich auch ein wenig auf dieselbe Seite hin zu neigen. Eigentlich sollten die Aerzte über diesen Gegenstand gefragt werden, vorausgesetzt, daß sie die Natur der Kometen besser kennen, als die der Krankheiten, welche sie heilen wollen. Einer der neuesten hat es in seinem Werk: Illustrations of the atmospherical origin of epidemic diseases. Chilmsford 1829 übernommen, den Zusammenhang der Kometen mit großen Epidemien mit mathematischer Genauigkeit, wie er sagt, nachzuweisen, und er schließt dieses voluminöse Werk mit folgenden Worten: „Es ist daher ganz gewiß, daß seit dem Anfange unserer Zeitrechnung die ungesundesten Zeiten auch immer zugleich die an Kometen reichsten gewesen sind, und daß die Erscheinung dieser Himmelskörper stets von Erdbeben, vulkanischen Ausbrüchen und atmosphärischen Revolutionen begleitet waren, während man im Gegentheile in gesunden Zeiten nie einen größeren Kometen gesehen hat."

Und wie fängt Forster es an, diesen seinen Satz zu beweisen? — Er geht von Christi Geburt auf den heutigen Tag alle Jahre und alle Chroniken durch und bringt alle Leiden und Unfälle, welche in dieser langen Zeit das arme Menschengeschlecht betroffen haben, in eine endlose Liste zusammen. Auf dieselbe Weise spürt er auch den Kometen nach, die seit jener Epoche erschienen sind, und deren er gegen 500 zusammentreibt, die er alle neben den Krankheiten seines ersten Registers einträgt, wodurch denn endlich ein gar herrliches und für den geneigten

Digitized by Google

Leser wahrhaft erbauliches Inventarium von Noth und Elend, und zugleich von Kometen entstanden ist, die an allen jenen Drangsalen allein schuld seyn sollen.

Es scheint, daß ihm diese Arbeit nicht eben viel Nachdenken gemacht haben kann. Wie wir bereits oben gesehen haben, gibt es so viele Kometen, daß man beinahe auf jedes Jahr zwei derselben zählen kann. Unglücksfälle aller Art aber, die das arme Menschenvolk heimsuchen, gibt es wohl noch viel mehr, als zwei in jedem Jahre. Da es sonach am Himmel nicht an Kometen, und auf Erden nicht an Noth und Elend fehlt, so wird es keine besondere Anstrengung erfordern, zu jeder Calamität auch einen Kometen als Sündenbock aufzufinden. Im Gegentheile, es wird sehr schwer, wo nicht unmöglich seyn, auch nur ein einziges Jahr zu treffen, wo nicht das Eine oder das Andere dieser beiden Dinge eingetroffen wäre.

Ohne Zweifel würde dieses traurige Inventarium des menschlichen Elends, diese zweite Auflage einer „Reise durch die Höhlen des Unglücks und die Gemächer des Jammers“ unseres englischen Karls von Karlsberg eine ganz andere Gestalt erhalten haben, wenn es ihm beliebt hätte, ohne Vorurtheile und ohne vorgefaßte Meinung an sein Werk zu gehen, und wenn er nicht, was er in unseren Geschichtbüchern erst suchen sollte, schon zuvor als fixe Idee in seinem eigenen Kopfe gefunden hätte. Was soll es uns frommen, wenn wir z. B. bei dem Jahre 1665 lesen: „Großer Komet und Pest in London.“ — Also doch eine Pest, aber warum nur in London? War der Komet nicht auch an andern Orten der Erde eben so gut, war er bloß in London sichtbar? Warum brachte derselbe Komet, der die Pest nach London führte, sie nicht auch nach Paris, nach dem nahen Hamburg, nicht einmal nach Schottland oder Irland? Dann hätte also wohl jene Dame recht, die, als sie hörte, daß man den gefürchteten Kometen im nächstfolgenden Jahre 1832 in Paris erwarte, entgegnete, daß sie das wenig kümmere, weil sie dieses Jahr nicht in Paris, sondern bei ihren Verwandten in Neapel zubringen werde. — Was sollen uns ferner folgende Zusammenstellungen: „Anno 1668 erschien ein Komet, und in Westphalen war ein großes Sterben unter den Katzen. Anno . . . war ein Komet und ein großes Ungewitter in Thüringen, das mehrere Bauern auf der Wiese erschlug. Anno . . . Komet, und Klauenseuche des Hornviehes in Ostfriesland. Anno . . . Komet und Aerolith in Schottland, welcher letzte eine Dorfkirche traf und das Räderwerk der Thurmuhr beschädigte u. s. w.“ Wohl hundertmal liest man in dem Buche: „Komet und Heuschrecken in Kalabrien; Komet und Ueberschwemmung in England; Komet und Erdbeben in Kleinasien; Komet und Feuersbrunst in Konstantinopel;“ und was dergleichen Dinge mehr sind. Scheint es doch, als wollte der Verfasser absichtlich darauf ausgehen, die unverträglichsten Dinge mit einander zu paaren und Sachen zusammen zu koppeln, die himmelweit von einander liegen. Wenn es ihm, wie man glauben muß, nur darum zu thun ist, bei seinen Lesern Aufsehen zu erregen, so hätte er seine Kometen ganz gewiß auch eben so gut und eben so leicht noch ganz andere Verbindungen eingehen lassen können, z. B. Kometen und Hundegebell; Kometen und Hühneraugen; Kometen und leeres Geschwätz, oder Kometen und alberne Bücher, zu welchen letzteren besonders er die Beispiele ganz in der Nähe hätte finden können.

Wohl wäre es zu wünschen, diesen Gegenstand mit dem Ernste behandeln zu können, den die Wichtigkeit der Sache, den die Befreiung von jedem Vorurtheile überhaupt verdient, wenn nicht eben jene sonder-

Digitized by Google

bare Bearbeitung desselben durch die Vorgänger einen ganz andern Ton gleichsam nothwendig gemacht hätte, und wenn es nicht, selbst unter den sogenanten gebildeten Ständen, noch gar so viele gäbe, die keinen Anstand nehmen, sich diesen Thorheiten hinzugeben, während sie auf viel geringere und verzeihlichere mit einer Art von Selbstgefühl herabzusehen pflegen, das oft nur zu wohl verräth, daß auch hier ihre scheinbar bessere Kenntniß nicht sowohl auf Gründen und auf Ueberzeugung, als vielmehr nur auf Gewohnheit und auf einer Art von Mode beruht, für welche sie selbst nichts weiter anzuführen haben. Ueberhaupt möchte es wohl mit dem, was man Bildung und Aufklärung zu nennen beliebt, wenn man es etwas näher besieht, eine ganz andere Bewandtniß haben, als die Leute gewöhnlich und die am meisten glauben, welche diese Worte immerdar im Munde zu führen pflegen. Um aber den Vorwurf der Unartigkeit, die man unseren Landsleuten so gern Schuld gibt, zu vermeiden, wollen wir einen der artigsten unserer artigen Nachbarn jenseits des Rheines, von dem ich das Vorhergehende entlehnte, für uns sprechen lassen, der sich bei derselben Gelegenheit auf folgende Weise ausdrückt: J'aurais vivement desiré, schreibt Arago, damals Präsident der Akademie der Wissenschaften in Paris, pour l'honneur des sciences et de la philosophie moderne, pouvoir me dispenser de prendre au sérieux les idées bizarres, dont je viens de faire justice: mais j'ai acquis personnellement la certitude, que cette refutation ne sera pas inutile et que ces Messieurs ont parmi nous bon nombre d'adeptes. Au surplus, prêtez l'oreille un seul instant, même dans ces réunions, qu'il est d'usage d'appeler le grand monde, aux longs discours, dont les comètes, les éclipses etc. fournissent le texte, et decidez ensuite, si l'on peut se glorifier de cette prétendue diffusion des lumières, que tant d'optimistes se complaisent à signaler comme le trait caractéristique de notre siècle. — Quant à moi, je suis revenu depuis long-tems de ces illusions. Sous le vernis brillant et superficiel, dont les études purement littéraires de nos collèges et académies revêtent à peu près uniformement toutes les classes de la société, on trouve presque toujours, tranchons le mot, une ignorance complète de ces beaux phénomènes, de ces grandes lois de la nature, qui sont notre meilleure sauvegarde contre les préjugés.

§. 185. (Vergleichung der Erscheinungen der Kometen mit jenen der Epidemien.) Da unser oben erwähnte Autor, und so mancher Andere mit ihm, sich eine Art Geschäft daraus machten, diejenigen Jahre herauszusuchen, an welchen größere Kometen mit allerlei Calamitäten zusammentrafen, ein Geschäft, das ihnen, wie wir gesehen haben, keine besondere Schwierigkeiten machen konnte, so wollen wir einmal im Gegentheile, ohne alle Rücksicht auf Kometen, diejenigen Perioden unserer Menschengeschichte kurz anführen, die sich durch verheerende und weiter verbreitete Epidemien bemerkbar machten, und dann erst zusehen, welche größere Kometen sich etwa in derselben Zeit gezeigt haben mögen. Zu dem ersten werden wir uns die vortreffliche „Chronik der Seuchen" unseres braven und fleißigen Schnurrer und zu dem letzten des schönen Kometenverzeichnisses (Altona 1823) bedienen, mit dem uns Olbers beschenkt hat.

Schon die ersten drei Jahrhunderte nach dem Anfange unserer Zeitrechnung waren durch schwere und beinahe über das ganze römische Reich (von anderen Ländern fehlen uns die Nachrichten) verbreitete Epidemien ausgezeichnet. Im Jahre 42 nach Chr. Geb., unter der Regierung des Kaisers Claudius, ergoß sich das Mentagra, eine Art von Elephantiasis,

Digitized by Google

die den ganzen Körper des Erkrankten mit Geschwüren und Borken bedeckte, aus Aegypten über das gesammte römische Reich. — Im Jahre 154 erschien eben daselbst die Lycanthropie und verbreitete allgemeines Entsetzen unter die geängstigten Menschen. Die von ihr Ergriffenen irrten, von unsäglichen Schmerzen bis zur Verzweiflung getrieben, wie Wölfe (daher die Benennung) bei Nacht unter den Gräbern und an einsamen Orten umher. Die heutigen Aerzte glauben, daß aus dieser Krankheit unsere, jetzt schon viel gemilderte Katalepsis entstanden ist, wie man denn auch bei vielen anderen, anfangs sehr heftigen Krankheiten, diesen endlichen Uebergang in zwar noch immer ähnliche, aber doch auch zugleich viel mildere Formen bemerkt. — Im Jahr 165 unter K. Antonin herrschte eine über Kleinasien, Nordafrika und ganz Europa verbreitete pestartige Seuche durch volle sieben Jahre. — Im Jahr 182 wurde ganz Italien von einer Epidemie verheert, die nahe ein Drittheil der Einwohner hinraffte und an der durch mehrere Wochen in Rom täglich gegen 2000 Menschen starben. In der Mitte des dritten Jahrhunderts, unter K. Valerian, brach eine Seuche aus, die über 15 Jahre im römischen Reiche wüthete und wegen welcher die noch jetzt unter uns bestehende Sitte aufkam, zur Trauer über den Verlust seiner Freunde und Verwandten schwarzgefärbte Kleider zu tragen. — Im Jahre 312 kam der Anthrax aus Aegypten nach Italien und Griechenland, wo er epidemisch wurde und so heftig um sich griff, daß von mehreren Inseln des mittelländischen Meeres die Bewohner ganz ausstarben. — Und in allen den genannten Jahren, ja selbst zehn Jahre vor- oder rückwärts von ihnen, findet man auch nicht die geringste Spur von irgend einem Kometen bei den alten Schriftstellern.

Das Jahr 542 war der Anfang einer der verheerendsten Seuchen, von der Europa je heimgesucht wurde. Sie dauerte über 50 Jahre und fing mit allgemeinem Mißwachs und großen Zügen von Heuschrecken an. Sie scheint das erste Auftreten der orientalischen oder eigentlichen Bubonenpest gewesen zu seyn, und in der ganzen Periode wird von einem größern Kometen nichts erwähnt, wenn man nicht etwa den, vier Jahre früher im Jahr 538 erschienenen für den Stifter dieses Unheils halten will, der aber nur sehr klein und unansehnlich gewesen seyn soll. Auch von dieser Calamität des Menschengeschlechtes hat sich eine Gewohnheit bis auf unsere Zeiten erhalten. Da die von der Pest Ergriffenen von heftigem Gähnen und Niesen geplagt wurden, so befahl Papst Gregor der Große, beim Gähnen das Zeichen des Kreuzes über den Mund zu machen und beim Niesen dem Kranken: „Helf' dir Gott," zu sagen.

Im Jahre 717 fing eine dreijährige Pest im Oriente an, an welcher bloß zu Konstantinopel 300000 Menschen gestorben seyn sollen. Von Kometen aber war um diese Zeit keine Spur. — Im Jahre 874 und 875 war ein großes Sterben in Europa, das durch die zahllosen Heuschreckenzüge veranlaßt wurde. Der Moder ihrer Leichen soll in vielen Ländern den Boden mehrere Zolle hoch bedeckt haben. Auch war ein großer Komet zu sehen, aber erst im Jahre 876, also ein Jahr nach dem Ende der Krankheit.

Im Jahre 996 erschien das sogenannte heilige Feuer das erstemal in Europa. Diese verheerende, schnell verlaufende und äußerst ansteckende Krankheit ergriff schnell den ganzen Organismus des Menschen, den sie oft schon nach einigen Stunden durch den Brand zerstörte. Oft ergriff sie auch nur einzelne Glieder, Arme oder Beine, die nach kurzer Zeit schwarz wurden und abfielen. Aus ihr soll das spätere Antonius-

Digitized by Google

feuer, das noch sehr verheerend war, und aus diesem endlich unser milderes, sogenanntes Rothlauf entstanden seyn. Damals kamen unter den geängstigten Menschen die Wallfahrten nach dem heiligen Lande auf, aus welchen späterhin, gegen Ende des eilften Jahrhunderts, die Kreuzzüge entstanden. Größere Kometen sah man nur zwei um diese Zeit, den ersten im Jahr 983, also 13 Jahre zu früh, und den zweiten 1005, also 9 Jahre zu spät.

Im Jahre 1092 begann ein allgemeines Sterben der Menschen und Thiere, das über fünf Jahre währte. Viele Länder verloren die Hälfte ihrer Einwohner und andere verödeten gänzlich. Es war der allgemeine Glaube, daß der jüngste Tag bevorstehe. Alle Hausthiere flohen in die Gebirge und Wälder, wo sie wieder verwilderten. In den letzten Jahren kam diese Pest auch nach Palästina unter die Kreuzfahrer. Zu Jerusalem starben durch mehrere Wochen täglich 500 Menschen, unter ihnen auch Gottfried von Bouillon. Antiochien starb beinahe ganz aus, und von dem Heere des ersten Kreuzzuges gingen in dieser Stadt allein in zwei Monaten über 200000 Menschen zu Grunde. Ein im November 1097 ihnen aus Europa nachgeschicktes Hülfscorps von 25000 Mann wurde sogleich bei seiner Ausschiffung an der asiatischen Küste von der Krankheit ergriffen und beinahe gänzlich aufgerieben. — Größere Kometen sah man aber nur im Jahr 1071 und 1097, also 21 Jahre zu früh und 5 Jahre zu spät.

Das verderblichste Jahrhundert unserer ganzen Menschengeschichte war das vierzehnte. Schon im Jahr 1310 brach eine große, siebenjährige Pest über ganz Europa aus. In Straßburg starben 13000, in Basel 14000, in Mainz 16000, in Cöln 30000 Menschen, und viele andere Städte Europa's starben beinahe gänzlich aus. Ein großer Komet wurde bloß im Jahr 1305, also fünf Jahre zu früh gesehen, was aber doch den Chronikschreiber Prätorius nicht hinderte, ihn als den Vorboten jener Pest anzusehen.

Im Jahre 1347 kam dann die fürchterliche Pest, die späterhin allgemein unter der Benennung des schwarzen Todes bekannt wurde. Sie kam von dem nordöstlichen Asien, wie einst die Völkerwanderung, und überzog bald alle bekannten Länder der Erde. Im ersten Jahre hielt sie sich vorzüglich an den Meeresküsten auf. Aber im Jahre 1348 drang sie auch schon in das Innere der Länder und wüthete unter Menschen und Thieren. Die allzuvielen Todten blieben meistens unbegraben auf den Straßen liegen; die Aecker wurden nicht mehr besorgt, und die Hausthiere irrten auf den Feldern umher. Bis auf den wildesten Trieb der Selbsterhaltung und einer gränzenlosen Furcht schienen alle andern Leidenschaften der Menschen gänzlich erloschen zu seyn. Bagdad, Diarbekir und Damask starben beinahe ganz aus; in Guza starben in einem Monate 22000 Menschen, in London 80000, in Paris nahe der vierte Theil der Einwohner; in Lübek während einer einzigen Nacht 1600; in Wien starben während drei Monaten täglich gegen 700 bis 800 und zur Zeit der größten Höhe der Krankheit einmal an einem einzigen Tage 1400 Menschen. Selbst die Kaiser und Könige dieser Zeit, so sehr sie sich auch schützten, wurden nicht verschont. Unter den Opfern dieser Pest zählte man den Kaiser Andronicus in Konstantinopel, König Alfons XI. in Spanien, die Königin Joanna in Portugal und den Zar Iwanowitsch in Moskau mit seinem Bruder und allen seinen sieben Kindern. Diese Pest dauerte bis 1351 durch fünf Jahre. — Die Chroniken erwähnen einen größeren Kometen für 1347 und 1351, also einen für den Anfang und den andern für das Ende der Krankheit. Es mag

Digitized by Google

daher auch wohl Kometen geben, welche die Krankheiten wieder heilen, die andere gemacht haben!

Im Jahre 1356 brach derselbe schwarze Tod durch neue fünf Jahre zum zweitenmale aus und richtete, wie die Geschichtsschreiber jener Zeit erzählen, noch größere Verheerungen, als das erstemal an. Nach Petrarca, der auch seine Laura daran verlor, und der sie, so wie Boccaccio, mit den lebhaftesten Farben beschrieben hatte, sollen in Italien von je 1000 Menschen kaum 10 übrig geblieben seyn. In Köln starben 20000, in Avignon 17000, unter welchen 5 Kardinäle und 100 Bischöfe, die sich eben daselbst zu einem Concilium versammelt hatten, und die auch, wie alle andere, unbegraben auf den Gassen liegen blieben, auf die man damals die Leichname durch die Fenster zu werfen pflegte. Von Kometen aber in dieser Zeit findet man keine Spur. — Zum drittenmale brach die verheerende Krankheit im Jahr 1367 aus, wo sie bis 1374 wüthete. Sie nahm jetzt die Gestalt des sogenannten Johannistanzes an, unter welcher sie, obschon auch in milderer Form, bis zu uns unter der Benennung des Veitstanzes gelangte. Die von der Krankheit Ergriffenen liefen, tanzten und raseten, bis sie schäumten und leblos zur Erde stürzten, wo dann der hochaufgeschwollene Unterleib der Leichen zerplatzte. Bei den häufigen Todesfällen seit 1347, also durch beinahe 20 Jahre, erwartete man den Untergang des ganzen Menschengeschlechts und vermachte alle seine Einkünfte an Kirchen und Klöster, so zwar, daß diese Vermächtnisse durch eigene Gesetze untersagt werden mußten, um den rechtmäßigen Erben doch nicht alles zu entziehen. Auch in diesen sieben Jahren erwähnen die Chroniken keines größeren Kometen bis 1375, also ein Jahr nach der Beendigung der Krankheit, daher auch, nach dem großen Kometendeuter Prätorius, derselbe keine weitere Beziehung auf jene Pest, sondern bloß auf den Tod Karls IV. haben soll.

Doch es wird unnöthig seyn, dieses traurige Verzeichniß des menschlichen Elends noch weiter fortzusetzen. Wenn man aufrichtig mit sich selbst und ohne Vorurtheil zu Werke geht, so wird man in allen Jahrhunderten eben so viel Belege für, als gegen jene Meinung finden, daß die Kometen Krankheiten oder andere Unglücksfälle entweder vorher verkündigen, oder selbst verursachen sollen, d. h. man wird finden, daß jene Himmelskörper mit diesen Calamitäten des Menschengeschlechtes in keiner, oder doch in keiner für uns merkbaren Verbindung stehen. Unsere eigenen Erfahrungen an der Cholera seit dem Jahre 1830 werden dieses Resultat bestätigen. Uebrigens ist es betrübend zu sehen, wie die Menschen mitten unter den Unglücksfällen, die sie betreffen und die sie nicht vermeiden können, sich noch mit selbstgeschaffenen Uebeln plagen, wie sie sich durch grundlose Besorgnisse ängstigen und die ihnen verliehene Vernunft durch Vorurtheile und Aberglauben verdunkeln. Wie nützlich, ja wie nothwendig muß es daher seyn, das Licht der Wissenschaften, das uns von allen Seiten umgibt und mit dem allein wir jene Vorurtheile besiegen können, zu unserer wahren Bildung mit allem Fleiße zu benützen, und uns dadurch in eine Lage zu versetzen, wo wir keinen Rückfall mehr in jene finsteren Jahrhunderte der Unwissenheit und des Aberglaubens zu befürchten haben. Erhalten wir daher mit der innigsten Sorgfalt diese höchste Wohlthat unseres Geschlechtes, diesen köstlichen, von unseren Vorgängern ererbten Schatz, diese den Menschen zugleich schützenden und veredelnden Kenntnisse, ces hautes connaissances, les délices des êtres pensans, dont le plus grand bienfait pour le genre humain est, d'avoir dissipé les craintes, les vaines terreurs, les superstitions et tous les maux, qui accompagnent les erreurs

Digitized by Google

nées de l'ignorance de nos vrais rapports avec la nature, erreurs et craintes, qui renaîtraient promptement, si le flambeau des sciences venait à s'éteindre. (Lapl. Expos.)

§. 186. (Bewohner der Kometen.) Da wir, so weit unsere Erfahrungen reichen, alles in der Natur von lebenden Wesen bewohnt finden, so können wir nicht gut zweifeln, daß die Kometen, diese großen Weltkörper, deren Anzahl, wie wir gesehen haben, viele Tausende übertrifft, ganz ohne alle lebenden Geschöpfe seyn sollten. Da aber auch diese Kometen von allen anderen Himmelskörpern in ihrem Aeußern sowohl, als auch wahrscheinlich in ihrer inneren Structur so sehr verschieden sind, so wird ohne Zweifel der Unterschied derjenigen Wesen, welche sie bewohnen, von dem der Erde und der übrigen Planeten, ebenfalls ganz verschieden seyn. Aber welcher Art sollen sie nun seyn? — Als Fontenelle von seiner neugierigen Marquise über die Bewohner der Planeten befragt wurde, antwortete er: „Madame, ich kenne sie nicht und weiß daher nichts von ihnen zu sagen.“ — Unsere Leser werden es uns nicht übel deuten, wenn wir ihnen auf ihr Fragen von den Bewohnern der Kometen, mit noch größerem Rechte, wie wir glauben, dieselbe Antwort geben. Gibt es doch in der Astronomie nicht bloß, sondern in beinahe allen andern Wissenschaften noch gar manche, für uns in der That um Vieles wichtigere Fragen, auf die wir alle auch keine bessere Antwort haben.

Welcher Art aber auch die Bewohner der Kometen seyn mögen: wenn sie an dem Höchsten, was dem Menschen hienieden dargeboten wird, wenn sie an der Betrachtung der Natur und an der Kenntniß der Werke ihres über alles erhabenen Schöpfers Sinn und Freude haben — welche hohe Genüsse müssen ihnen vorbehalten seyn, Genüsse, von denen wir uns, auf dem uns angewiesenen Standpunkte, gar keine weitere Vorstellung machen können, wir, die wir auf einem kleinen, beinahe unbeweglichen Punkte, wie Raupen auf ihrem Kohlblatte, leben, während sie mit der Schnelligkeit des Blitzes auf ihren weitgestreckten, parabolischen oder hyperbolischen Bahnen von einer Sonne, von einer Welt zur andern fliegen.

Für uns allerdings, für Wesen unserer Art, sind diese Genüsse nicht bestimmt. Wer von uns könnte jene Extreme von Licht und Finsterniß, von Hitze und Kälte ertragen, denen sie auf ihren weiten Bahnen ausgesetzt sind. Die Bewohner des Kometen von 1680 kamen der Oberfläche der Sonne so nahe, daß die Hitze, welche dadurch entstand, nach Newtons Berechnung, unsere höchste Sonnenhitze 26000mal und selbst die Hitze des weißglühenden Eisens noch 2000mal übertreffen müßte; und dieselben Wesen sind wieder, zur Zeit ihres Apheliums, so weit von der Sonne entfernt, daß sie ihnen nur mehr als einer der kleinsten Fixsterne erscheint, und daß die in jenen Distanzen herrschende Kälte selbst unsere Atmosphäre in einen unserem Eise ähnlichen festen Körper verwandeln würde. Welche Organisation müssen jene Wesen haben, wenn sie diese Wechsel ertragen, wenn sie sich ihrer vielleicht sogar erfreuen können, so wie wir uns an der Abwechslung unserer Tages- und Jahreszeiten ergötzen. Welche Augen müssen es seyn, die jenes blendende Licht der Sonne ohne Schmerz ertragen können, wo auch schon der erste Blick in dieselbe unsere Gesichtsorgane nicht nur blenden, sondern sogleich in Asche verwandeln würde, und die zugleich wieder in einer beinahe völligen Abwesenheit des Lichts, in einer Finsterniß, gegen welche unsere schwärzesten Nächte nur schwache Dämmerungen sind, doch noch sehen und die Wunder ihrer immer neuen Himmel betrachten können.

Digitized by Google

Doch vielleicht sind alle diese Extreme nur scheinbar, und die Natur, der ein unerschöpflicher Reichthum von Mitteln zu Gebote steht, ihre Zwecke zu erreichen, wird auch dort Wege gefunden haben, diese Hindernisse zu besiegen, oder ihnen in dem Bau und der Einrichtung ihrer Geschöpfe entgegen zu arbeiten. Es ist möglich, daß die ungemein zarten Stoffe, aus welchen die Kometen gewebt und, auch feiner organisirten, höheren geistigen Wesen zum Aufenthalte und zum Verbindungsmittel mit der sie umgebenden Welt dienen. Vielleicht sind ihre Geister an intellectuellen Kräften den unseren weit überlegen, da sie sich in ihren ätherischen Körpern freier bewegen können, in Körpern, welche, einer höheren Ordnung der Sinnenwelt angehörend, für Hitze und Kälte und für alle andere thierische Empfindungen weniger Empfänglichkeit haben mögen. Wissen wir doch, daß nicht die größere Nähe der Sonne es ist, welche die höhere Temperatur unserer Sommer erzeugt, da uns die Sonne im Winter in der That näher ist, als im Sommer (I. §. 152). Sehen wir doch die Möglichkeit ein, daß diese Sonne kein eigentliches Feuer seyn muß, und daß die Bewohner derselben, wenn es deren gibt, sich vielleicht mehr über Kälte, als über eine zu große Hitze beklagen können. (Vergl. II. §. 27.) Ihre Strahlen wenigstens, so nothwendig sie auch zur Hervorbringung der Wärme auf unserer Erde seyn mögen, scheinen selbst nicht zu wärmen, sondern nur die in den Körpern verborgene und ihnen eigenthümliche Wärme zu erwecken. Diese Erregbarkeit der Körper für den Wärmestoff durch die Sonnenstrahlen kann nun bei den Kometen eine ganz andere seyn, als bei uns, ja sie kann dort selbst gänzlich wegfallen. Warum hat man an dem schon öfter erwähnten großen Kometen von 1680 nach seinem Durchgange durch das Perihelium keine Aenderung bemerkt, da er doch (II. §. 167) der Sonne so nahe kam, daß er beinahe die Oberfläche derselben streifte? Könnte nicht eben die ungeheuere Ausdehnung, welche die Masse der Kometen bei ihrer Annäherung zur Sonne erleidet, und wodurch sie größtentheils nur in eine äußerst lockere Dunstmasse aufgelöst werden, könnte diese gewaltige Ausdehnung nicht zugleich ein mächtiges Schutzmittel gegen die dort herrschende Hitze seyn und eine wahre Abkühlung desselben erzeugen? Diese Ausdehnung wird offenbar am stärksten auf der der Sonne zugekehrten Seite des Kometen seyn, nach welcher daher die dichtere und kältere Luft der andern Seite mit Gewalt hinströmen und dadurch einen immer kühlenden Luftzug erregen kann. Diese Ausdehnbarkeit, diese ungemeine Elasticität der Kometenmasse mag sie selbst ganz besonders gegen die Extreme der Temperatur beschützen, welchen sie auf ihrer weiten Reise ausgesetzt sind. Wir wissen, daß auf den Gipfeln unserer Berge, wegen der dort schon sehr verdünnten Luft, die Kälte viel größer ist, als in den Thälern, wo die dichtere Luft die Wärme so stark befördert. Ganz eben so, nur in einem viel höheren Grade, mag es auch mit den Kometen gehen. Wenn ihre Masse, zur Zeit der Perihelien, durch die Sonnenhitze sehr verdünnt und beinahe in eine bloße Luftart ausgedehnt wird, muß eben diese Verdünnung wieder Kühle erzeugen, und wenn im Gegentheile, in ihren Aphelien, dieselbe Masse durch die dort herrschende Kälte vielleicht zu der Dichtigkeit unserer Steine und Metalle zusammengepreßt wird, muß durch eben diese Verdichtung wieder eine große Menge Wärmestoffes frei werden. Auf diese Weise mag den Kometen jene wunderbare, veränderliche Dunsthülle als ein für alle Fälle bequemer Reisemantel, als ein warmer Pelz im Winter und zugleich als ein kühlender Sonnenschirm im Sommer dienen. Wenn diese Himmelswanderer aus der Tiefe des Weltalls, aus jenen eisigen

Digitized by Google

Regionen zu uns heran kommen, sehen wir sie, am Ende ihrer langen Winterreise, noch enge in ihr dichtes Gewand gehüllt; aber wie sie allmählig der wärmenden Sonne näher treten, lüften sie ihr Gewand und breiten es endlich, wie ein kühlendes Zelt, um sich aus, um in dem Schatten desselben, der nahen Sonne ungeachtet, einer ihnen vielleicht sehr angenehmen Temperatur zu genießen, so daß sie die Tage, welche wir für sie als die gefahrvollsten halten, vielleicht als die fröhlichsten Feste ihrer langen Jahre zu feiern pflegen. Ist es doch, selbst durch eine große Anzahl von Erfahrungen des gemeinen Lebens, bekannt genug, daß bei jedem Uebergange eines festen Körpers in einen flüssigen, so wie eines flüssigen in einen luftartigen, immer eine große Menge Wärme von diesen Körpern absorbirt oder gebunden, und daher gleichsam Kälte erzeugt wird, während im Gegentheile bei dem Rückgange der luftförmigen Körper in tropfbare, oder dieser in feste, stets viel Wärme frei und dadurch die Temperatur in der Nähe dieser Körper erhöht wird. Aus dieser Ursache werden unsere Zimmer im Sommer kühler, wenn der Boden derselben mit Wasser besprengt wird, welches bei seiner Verdünstung, d. h. bei seinem Uebergange aus dem tropfbaren in den luftförmigen Zustand, Kühle erzeugt; so wird das zum Verkaufe auf der Straße ausgelegte Obst durch dasselbe Mittel frisch erhalten; so belegen die Schnitter ihre Wasserkrüge mit feuchten Tüchern, wozu man in Aegypten noch vortheilhaftere Trinkgefäße von sehr porösem Thone braucht, durch welche das Wasser in kleinen Tropfen sickert und an der Außenseite der Krüge schnell verdünstet u. s. Wenn daher, wie es sehr wahrscheinlich ist, der die Kometen umgebende Nebel bloß das Resultat der Verdünstung ihrer Masse durch die Sonnenhitze ist, so muß auch, eben durch diese größere Ausdehnung ihrer Masse, im Perihelium eine große Kälte, so wie durch die Verdünstung derselben, im Aphelium eine beträchtliche Wärme entstehen. Diese Wechselwirkung mäßigt sowohl die große Hitze ihrer Sonnennähe, als auch die ungemeine Kälte, welche sonst in ihren Sonnenfernen herrschen würde, und macht dadurch einen Aufenthalt, den wir ohne diese Wechselwirkung für unerträglich halten müßten, für jene, ihren Verhältnissen angemessenen Geschöpfe brauchbar und vielleicht selbst sehr angenehm.

Kapitel XII.

Anzahl, Entfernung und Grösse der Fixsterne.

§. 187. (Scheinbare Größe der Fixsterne.) Bei dem ersten Anblicke des Himmels bemerken wir schon eine große Verschiedenheit unter den Sternen, mit welchen er bedeckt ist. Einige unter ihnen sind so hell und erscheinen uns so groß, daß wir sie gleich nach dem Untergange der

Digitized by Google

Sonne erblicken, während andere, schwächere oder kleinere, erst später, wenn die Nacht mehr vorgerückt ist, sichtbar werden, und während andere, noch kleinere, selbst unter den günstigsten Umständen nur durch Fernröhre gesehen werden können.

Wir würden uns aber wohl sehr irren, wenn wir diese so auffallenden Abstufungen der Fixsterne ihrer wahrer Größe, oder auch nur ihrer Entfernung von uns zuschreiben, d. h. wenn wir sagen wollten, daß diejenigen Sterne, welche uns als die größten *erscheinen*, auch in der That, die größten *sind*, oder daß sie wenigstens näher bei uns stehen, als die anderen.

Es ist bereits oben (I. Kap. V.) gesagt worden, daß wir über diese Entfernung, also auch über die absolute Größe aller Fixsterne so viel als nichts wissen, und daß wir auch nicht einen einzigen derselben kennen, von dem wir sagen könnten, daß er an Größe oder Entfernung unsere Sonne, auch nur in runder Zahl, hundert- oder tausend- oder selbst millionen-mal übertreffe. Auch sehen wir die scheinbar größten dieser Fixsterne, wenn wir sie durch unsere Fernröhre betrachten, nur als untheilbare, und zwar desto kleinere, reinere Punkte, ohne allen merkbaren Durchmesser, je besser das Fernrohr ist, welches wir zu diesem Zwecke gebrauchen.

Wenn wir also doch noch von der *Größe* dieser Fixsterne sprechen wollen, so kann dieß nur von der *scheinbaren Größe*, oder von dem größeren oder geringeren Eindrucke gemeint seyn, welchen ihre Lichtstärke auf unser Auge hervorbringt. In diesem Sinne nennen wir Sterne der ersten Größe diejenigen, deren Eindruck auf unser Auge am stärksten ist, und so heißen dann stufenweise abwärts die immer kleineren, Sterne der zweiten, dritten, bis zur sechsten Größe, unter welchen letzten wir diejenigen zu verstehen pflegen, die man unter günstigen Umständen noch mit freiem Auge sehen kann. Die diesem Bande beigefügte Sternkarte wird hinreichen, die vorzüglichsten dieser Sterne durch Alignements kennen zu lernen, obschon, wie bereits oben gesagt wurde, der *Globus* das beste und bequemste Mittel zu diesem Zwecke ist.

§. 188. (Nähere Bestimmung der Klassen der Sterne.) Man sieht, wie unbestimmt diese Eintheilung ist und wie sehr die Gränzen der einzelnen Klassen von der Individualität der Beobachter und von äußeren Verhältnissen abhängig seyn mögen. Man hat es nicht an Vorschlägen fehlen lassen, diesem Uebelstande abzuhelfen, aber die meisten scheiterten an der Schwierigkeit, die eigentliche Größe jenes Lichteindrucks der Sterne auf unser Auge mit Sicherheit zu bestimmen. Einer der einfachsten dieser Vorschläge war der, wo man diejenigen Sterne, deren Glanz nur $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_8$ des Glanzes der Sterne von der ersten Größe ist, zur 2ten, 3ten, 4ten Klasse zählen wollte, wo dann die Sterne der 6ten Klasse nur den 32sten Theil des Glanzes der ersten Klasse haben würden.

Schon der ältere Herschel fühlte das Bedürfniß einer genauen Eintheilung der Himmelskörper in dieser Rücksicht und suchte dieselbe auf photometrische Gründe zu bauen. Zu diesem Zwecke bedeckte er den Spiegel seines Teleskops, der 18 Zolle im Durchmesser hatte, mit einer in ihrem Mittelpunkte ausgeschnittenen Scheibe, deren kreisförmige Oeffnung er so lange verminderte, bis der scheinbar größte aller Fixsterne, Sirius, durch den so bedeckten Spiegel nur mehr in dem Glanze eines Sterns der sechsten Größe erschien. Er fand für diesen Fall den Durchmesser der Oeffnung seiner Scheibe gleich einem Zolle und zog daraus den Schluß, daß, wenn die Lichtstärke eines Sterns der sechsten

Digitized by Google

Größe gleich der Einheit ist, die des Sirius gleich 18mal 18 oder gleich 324 seyn soll. Da aber dieser ungemein helle Stern wenigstens dreimal heller leuchtet, als die übrigen Sterne der ersten Größe im Mittel genommen, so wird das Verhältniß der Lichtstärke eines Sternes der ersten Größe zu dem der sechsten nahe wie 100 zu 1 seyn. Nimmt man dann noch an, daß für die übrigen Klassen die Lichtstärke sich wie verkehrt das Quadrat der Zahlen dieser Klassen verhalte, so hat die

Ite Klasse	die Lichtstärke	100	
IIte „	„ „	$^{100}/_{4}$	oder 25
IIIte „	„ „	$^{100}/_{9}$	„ 12
IVte „	„ „	$^{100}/_{16}$	„ 6.

Endlich nahm er, etwas willkührlich, für die

Vte Klasse	die Lichtstärke	2	und für die
VIte „	„ „	1	an.

Alle diese Annahmen sind aber, wie man sieht, bloße Convention, die nicht einmal allgemein angenommen ist und auch nicht gut angenommen werden kann, weil es schwer, wenn nicht unmöglich ist, zu bestimmen, wann die Lichtstärke eines Sternes nur den fünften, zehnten, zwanzigsten Theil der Lichtstärke eines anderen beträgt.

§. 189. (Veränderungen dieser Größe der Fixsterne.) Man muß diesen Mangel an Genauigkeit bei der Eintheilung der Fixsterne sehr beklagen, weil uns dadurch die Mittel entgehen, die Veränderungen zu bestimmen, welche, den älteren Beobachtungen zufolge, an diesen Himmelskörpern vorgegangen zu seyn scheinen. So hatten z. B. die alten Griechen den Sirius roth genannt, da er doch uns in einem entschieden blendend weißen Lichte erscheint. Castor galt ihnen als der größere von den beiden Zwillingen, da er doch jetzt offenbar kleiner als Pollux ist. Der Stern α in der Wasserschlange (Hydra) wurde von den ältern Beobachtern zur ersten Klasse gezählt, da er doch jetzt nur mehr zur zweiten gerechnet werden kann. Die sieben schönen Sterne im Sternbilde des großen Bären scheinen ihr Licht immerfort zu ändern, so daß bald dieser, bald jener als der größte von allen erscheint. So gehört jetzt der Stern δ in dem bekannten Vierecke dieses Sternbildes nur mehr zur vierten Klasse, da ihn doch Tycho Brahe noch in die zweite setzte.

§. 190. (Eintheilung der kleineren Sterne.) Die sechs erwähnten Klassen sollen nur die mit freien Augen noch sichtbaren Sterne in sich begreifen. Allein außer ihnen gibt es noch eine ungleich größere Menge von Sternen, die man nur durch Fernröhre sehen kann. Geübte, mit guten Telescopen versehene Beobachter pflegen diese letztern noch in zehn neue Klassen zu theilen, so daß man im Allgemeinen sechszehn Klassen von Fixsternen hat, deren scheinbare Größe immer abnimmt, wie die Zahl ihrer Klassen zunimmt. Daß bei den höheren Klassen die Unbestimmtheit der Begränzung noch wachsen muß, ist wohl für sich klar, so wie, daß man mit der letzten oder sechszehnten Klasse noch nicht den ganzen gestirnten Himmel erschöpft zu haben meinen kann. In der That finden sich auch jenseits dieser kleinsten Sterne noch andere Gegenstände, die wahrscheinlich wieder aus Sternen, aber aus so kleinen und so nahe gedrängten Sternen bestehen, daß auch unsere stärksten Fernröhre nicht mehr hinreichen, sie als solche deutlich erkennen zu lassen.

§. 191. (Anzahl der Sterne in den sechs ersten Klassen.) Die Zahl der Fixsterne der ersten Klasse ist 14, die der zweiten 70, und die der dritten nahe 300. Mit der vierten Klasse aber nimmt die Anzahl der in jeder Klasse enthaltenen Fixsterne sehr schnell zu. Man nimmt gewöhnlich an, daß die Summe der in den ersten sechs Klassen enthaltenen,

Digitized by Google

oder daß die Anzahl der noch mit freien Augen sichtbaren Sterne nahe 5000 betrage. Mit der siebenten aber steigt diese Anzahl bereits in einem solchen Grade, daß die vollständige Aufzählung der Sterne der ersten zehn Klassen wohl ein sehr verdienstliches, aber auch eines der beschwerlichsten Geschäfte seyn würde, dem sich ein Beobachter unterziehen könnte.

§. 192. (Aus den Sternkatalogen geschlossene Anzahl.) Unsere reichsten Sternverzeichnisse sind: Bode's Uranographie, die 17240, und Lalande's Histoire céleste, die 50000 Sterne enthält, nebst den nahe eben so reichen Zonenbeobachtungen Bessel's. Alle diese Beobachtungen wurden in den Breitenkreisen von 48 bis 55 Graden angestellt, wo die von dem südlichen Wendekreise eingeschlossenen Sterne schon bald alle unsichtbar sind. Theilt man die Oberfläche des Himmels in 100 gleiche Theile, so nimmt davon die heiße Zone 40, jede der gemäßigten 26 und jede der beiden kalten Zonen 4 Theile ein. Daher verhält sich in den genannten Gegenden der sichtbare Theil des Himmels zu dem unsichtbaren, wie 70 zu 30, und da in jenen, nach der Hist. céleste, noch 50000 Sterne gezählt werden, so können wir in dieser nahe 20000 annehmen, so daß daher, diesem Sternkatalogе zufolge, die ganze Sphäre des Himmels nahe 70000 Sterne bis zur 9ten oder 10ten Größe enthalten würde.

§. 193. (Andere Bestimmung der Anzahl der Sterne.) Man hat verschiedene Versuche gemacht, diesen Zweck, nicht sowohl durch unmittelbare Beobachtungen, als durch Schlüsse und Rechnungen zu erreichen. Daß dieses Verfahren zu keinem ganz genauen Resultate führen kann, darf wohl nicht erst erläutert werden. Nehmen wir an, daß alle Sterne im Mittel gleich groß oder gleich lichtstark sind, und daß sie uns nur wegen ihrer verschiedenen Entfernungen so ungleich groß erscheinen. Setzen wir überdieß voraus, daß sie alle unter einander eine nahe gleiche Entfernung haben, und daß diese Entfernung so groß ist, wie die Distanz des nächsten Fixsternes von der Sonne, die wir oben (I. Cap. V.) 200000mal größer, als die Entfernung der Sonne von der Erde, also gleich vier Billionen Meilen gefunden haben. Der Kürze wegen wollen wir diese letzte Distanz künftig eine Sternweite nennen.

Da nun die Sterne der ersten Größe unter einander sowohl, als auch von der Sonne, um eine solche Sternweite abstehen sollen, so müssen sie alle auf der Oberfläche einer Kugel liegen, deren Mittelpunkt die Sonne, und deren Halbmesser eine Sternweite ist. In der That kann man auch auf einer Kugel nahe 14 Punkte angeben, deren jeder von den ihm nächsten um den Halbmesser der Kugel entfernt ist. Haben ferner, der vorhergehenden Voraussetzung gemäß, die Sterne der zweiten Größe die doppelte, die der dritten die dreifache Entfernung u. s. von der Sonne, während sie doch unter sich selbst wieder nur um eine Sternweite abstehen, so müssen die Sterne der zweiten Größe auf einer Kugelfläche verstreut seyn, die viermal größer ist, als die vorhergehende Kugelfläche, daher also auch die Anzahl der Sterne der zweiten Größe viermal 14 oder 56 ist. Eben so werden die der dritten Größe auf einer neunmal größeren Kugelfläche liegen, und ihre Anzahl wird daher neunmal 14 oder 126 seyn u. s. Von den Sternen der vierten Größe würden wir eben so 224, von denen der fünften aber 350 u. s. erhalten. Allein dieß stimmt nicht mit den Beobachtungen überein, nach welchen wir, wie oben gesagt, für die Sterne der zweiten Größe 70, für die der dritten 300 u. s. gefunden haben. Zählt man die nach dieser Hypothese erhaltenen Sterne der neun ersten Klassen zusammen, so erhält man für ihre Anzahl 3990, während wir doch oben durch unmittelbare Beobachtungen gegen 70000 gefunden haben.

Digitized by Google

§. 194. (Geometrische Bestimmung dieser Anzahl der Sterne.) Da die vorige Methode nicht zum Zwecke führt, so wollen wir sie etwas abändern, um sie den Beobachtungen mehr anzupassen. Betrachtet man auf irgend einer der vorhergehenden concentrischen Kugeln, z. B. auf der ersten, deren Halbmesser γ seyn soll, drei einander nächste Sterne, so liegen sie in einem gleichseitigen Dreiecke, dessen Seiten alle gleich der Einheit oder gleich einer Sternweite sind. Nennt man dann α jeden der drei gleichen Winkel eines solchen sphärischen Dreiecks, so findet man, daß der Cosinus dieses Winkels gleich $2r^2-1$, dividirt durch $4r^2-1$ ist. Kennt man aber diesen Winkel in Graden ausgedrückt, so erhält man die Anzahl der Fixsterne der ersten Größe, welche auf dieser Kugelfläche des Halbmessers r enthalten sind, wenn man die Zahl 2α durch die Größe $\alpha-60$ dividirt.

Berechnet man diese Ausdrücke für $r=1, 2, 3\ldots$, so findet man:

$r=1$,	$\alpha=70.5°$	und Zahl der Sterne der				Iten	Größe	13
$r=2$,	$\alpha=62.2$	„	„	„	„	IIten	„	57
$r=3$,	$\alpha=60.9$	„	„	„	„	IIIten	„	130
$r=4$,	$\alpha=60.5$	„	„	„	„	IVten	„	231
$r=5$,	$\alpha=60.3$	„	„	„	„	Vten	„	362
$r=6$,	$\alpha=60.2$	„	„	„	„	VIten	„	521 u. f.

Diese Zahlen sind wohl etwas größer, als die durch die vorhergehende einfache Rechnung gefundenen, allein sie sind gegen die durch unmittelbare Beobachtungen (§. 192) erhaltenen Zahlen doch noch immer viel zu klein, um zugelassen werden zu können.

§. 195. (Anzahl der Sterne aus ihren Entfernungen geschlossen.) Setzt man, wie zuvor, voraus, daß im Mittel alle Sterne gleich weit, nämlich eine Sternweite oder 4 Billionen Meilen von einander entfernt, und daß sie überdieß alle nahe von gleicher Größe sind, eine Voraussetzung, die die natürlichste und einfachste ist, welche wir annehmen können, so werden offenbar die Sterne der zweiten, dritten, vierten Größe auch 2, 3, 4 Sternweiten oder 2, 3, 4mal weiter, als die Sterne der ersten Größe, von uns abstehen. Man wird also auch auf demselben Raume des Himmels, auf welchem man im Durchschnitte nur einen Stern der ersten Größe, oder nur einen der uns nächststehenden Sterne sieht, von solchen, die zweimal weiter entfernt sind, 2^3 oder 8, und eben so von den Sternen der dritten Größe 3^3 oder 27, von denen der vierten Größe 4^3 oder 64 u. f. sehen können.

Wenn daher von dem Fernrohre, welches Herschel zu diesem Zwecke angewendet hat, nach seinen darüber angestellten Beobachtungen erst auf 70000 Gesichtsfelder desselben ein Stern der ersten Größe kömmt, so folgt daraus, daß, wenn er mit demselben Fernrohr in jeder Gegend des Himmels, wo er dasselbe aufstellt, auch nur immer einen einzigen Stern in seinem Felde sieht, daß jeder dieser Sterne im Mittel 41 Sternweiten von uns entfernt seyn müsse, weil nämlich der Würfel von 41 nahe 70000 ist. Allein er sah mit diesem Fernrohre, wo er es auch am Himmel hinwandte, nicht nur immer einen, sondern hunderte, ja selbst oft Tausende auf einmal in seinem Felde, woraus folgt, daß die weitesten von jenen gegen 410 Sternweiten von uns entfernt seyn müssen.

Denken wir uns einen Kegel, dessen Scheitel im Auge des Beobachters, oder was hier dasselbe ist, in dem Mittelpunkte der Sonne ruht, und dessen Winkel am Scheitel volle neunzig Grade beträgt. Dieser Kegel umfaßt daher den vierten Theil des ganzen Himmels, und seine Axe bildet mit den Seitenlinien desselben einen Winkel von 45 Graden.

Es werde nun dieser Kegel durch mehrere senkrecht auf seiner Axe

Digitized by Google

stehende Ebenen geschnitten. Die erste dieser Ebenen soll von dem Scheitel des Kegels um eine, die zweite um zwei, die dritte um drei Sternweiten u. s. abstehen. Dieß vorausgesetzt, wird die erste Ebene die Oberfläche des Kegels in einem Kreise schneiden, dessen Halbmesser gleich einer Sternweite ist und in dessen Peripherie man daher 6 Sterne annehmen kann, die alle unter sich um eine Sternweite entfernt sind. Dieß gibt daher 6, und mit dem Sterne in dem Mittelpunkte des Kreises, 7 Sterne in der ersten Ebene.

Die zweite Ebene schneidet den Kegel in einem Kreise, dessen Halbmesser zwei Sternweiten beträgt, und in dessen Peripherie sich daher 12 gleich weit von einander stehende Sterne annehmen lassen. Allein um den Mittelpunkt dieses Kreises läßt sich auch noch ein anderer, mit jenem concentrischer Kreis ziehen, der genau so groß ist, wie jener auf dre ersten Ebene, und der daher ebenfalls wieder 6 Sterne in seine Peripherie aufnehmen kann. Dieß gibt zusammen 12 und 6, oder sammt dem Sterne in dem Mittelpunkte dieser beiden Kreise, 19 Fixsterne in der zweiten Ebene.

In der dritten Ebene wird man eben so drei concentrische Kreise ziehen, deren Halbmesser 1, 2, 3 Sternweiten betragen, und von welchen der erste oder kleinste 6, der zweite 12 und der dritte 18 Sterne enthält, so daß also diese dritte Ebene in Allem 37 Sterne aufnehmen kann.

Eben so wird die vierte Ebene 61, die fünfte 91, die sechste 127 Sterne enthalten u. s. w.

Läßt man daher die Sonne im Scheitel dieses Kegels auch für einen Stern gelten, so erhält man, wenn man diese Zahlen addirt, in dem ganzen Kegelraume von dem Scheitel

bis zum	Iten	Schnitte	8	Sterne
» »	IIten	»	27	»
» »	IIIten	»	64	»
» »	IVten	»	125	u. s. w.

Diese Zahlen sind aber, wie man sogleich sieht, die Würfel der natürlichen Zahlen 2, 3, 4, 5, also folgt, daß man überhaupt in dem Kegelraume von dem Scheitel bis zu dem nten Schnitte n^3 Sterne erhält, wenn man den Scheitel selbst für die erste schneidende Ebene rechnet.

Legt man nun in die Axe dieses Kegels ein Fernrohr, so wird man damit ebenfalls einen kreisförmigen Raum des Himmels übersehen, und wenn man dann von allen Punkten der Peripherie dieses Kreises gerade Linien nach dem Auge des Beobachters zieht, so wird man einen anderen, obgleich viel kleineren Kegel erhalten, der mit jenem großen einerlei Scheitel und dieselbe Axe hat.

Der Halbmesser dieses kreisförmigen Feldes des Fernrohrs, d. h. der Halbmesser der Basis dieses kleinen Kegels betrug bei dem von Herschel gebrauchten Teleskope 0° 13′.095, und von diesem Winkel ist das Quadrat seiner Tangente gleich 0.00001451. Der Halbmesser der Basis des großen Kegels aber beträgt 45 Grade, und von diesem Winkel ist die Tangente bekanntlich gleich der Einheit. Da aber beide Kegel dieselbe Höhe haben, so verhalten sich ihre Räume, wie die Quadrate der Halbmesser ihrer Grundflächen, d. h. wie die Zahlen 1 und 0.00001451.

Allein dieselben Kegelräume verhalten sich auch, wie die Anzahl der in ihnen enthaltenen, von einander gleich weit abstehenden Sterne. In dem großen Kegel gibt es aber, wie wir gesehen haben, n^3 Sterne, wenn man ihn bis zu dem nten Schnitte fortsetzt. Nimmt man daher an, daß man durch das Feld jenes Fernrohrs auf einmal a Sterne am Him-

Digitized by Google

mel erblicke, so erhält man die Proportion $n^3 : a = 1 : 0.00001451$. Daraus folgt also, daß die gesuchte Größe n gleich ist der Kubikwurzel aus der Zahl a dividirt durch 0.00001451, oder was dasselbe ist, aus der Zahl 68918a.

Es kömmt also nur noch darauf an, wie viel Sterne man durch das Fernrohr im Mittel an jedem Orte des Himmels sieht. Gesetzt, man sieht zehn derselben, so ist $a = 10$ und daher $n = 88$. Das heißt: wenn man durch jenes Fernrohr im Durchschnitte an jedem Punkte des Himmels zehn Sterne auf einmal erblickt, so sind die weitesten derselben 88 Sternweiten oder 352 Billionen Meilen von uns entfernt, und jener große Kegel, der den vierten Theil des Himmels umfaßt, enthält 88^3 oder 681472 solcher Sterne, von welchen die weitesten 88mal weiter als Sirius von uns entfernt sind. Der ganze Himmel enthält daher viermal so viel oder im Mittel 2726000 solcher Fixsterne. Allein Herschel zählte nicht 100, sondern oft mehr als 1000 Sterne, die er auf einmal in dem Flecken seines Fernrohrs erblickte, woraus folgt, daß die weitesten derselben 410 Sternweiten von uns entfernt sind, und daß der ganze Himmel über 273 Millionen solcher Sterne enthält.

§. 196. (Sternreiche Gegenden des Himmels.) Die vorhergehende Annahme, daß man mit einem guten Fernrohre, dessen Gesichtsfeld 26 Minuten im Durchmesser hat, so viele Sterne auf einmal übersieht, wird weniger befremden, wenn man weiß, daß sie an manchen Gegenden des Himmels so gedrängt stehen, daß an ein eigentliches Zählen derselben gar nicht mehr gedacht werden kann. Herschel erzählt, daß er in der Gegend der Keule Orions, in einem Streifen des Himmels von 15 Grad Länge und 2 Grad Breite mehr als 50000 Sterne, die er alle noch deutlich erkennen konnte, durch das Feld seines Fernrohrs gehen sah. Da aber die ganze Oberfläche des Himmels 41252 Quadratgrade enthält, so nimmt jener Streifen nur den 1375sten Theil der Himmelsfläche ein, so daß also die letzte über 68 Millionen solcher Sterne enthalten müßte, wenn sie überall gleich dicht bei einander stünden. Sie sind aber in manchen Gegenden noch viel dichter an einander gedrängt. Schon Huygens sah mit seinem noch unvollkommenen Fernrohre, dessen Feld sehr klein war, in dem Schwerte Orions über 2000 Sterne auf einmal in seinem Fernrohre, und Herschel sah am 22ten August 1792 in seinem zwanzigfüßigen Reflector, während 41 Zeitminuten, nach seiner Schätzung, nicht weniger als 258000 Sterne in der Nähe der Milchstraße durch das Feld seines Teleskops ziehen. Nimmt man daher, was wahrscheinlich noch viel zu wenig ist, an, daß jede Quadratminute des Himmels auch nur einen einzigen Stern enthalte, so würde die Anzahl aller Sterne des Himmels 41252mal 3600 oder über 148 Millionen betragen, und sollte endlich jede Quadratsecunde einen Fixstern enthalten, so würde die Anzahl aller Sterne des Himmels gegen 534600 Millionen betragen.

§. 197. (Die Milchstraße.) Allein, so groß auch diese Zahlen erscheinen mögen, so sind sie doch vielleicht noch sehr weit von der wahren Anzahl der Fixsterne entfernt. Wahrscheinlich ist Alles, was wir von dem Himmel sehen, nur der uns zunächst liegende Theil desselben, und alle die, für uns schon zahllosen Sterne, die wir erblicken, gehören nur einem einzigen isolirten Systeme an, von welchem wir und unser ganzes Planetengebäude nur einen sehr kleinen Theil ausmachen.

Wenn wir in einer sternhellen Nacht unser Auge zum Himmel erheben, so sehen wir uns zwar nach allen Seiten von Sternen umgeben, aber wir bemerken auch sogleich, daß sie nicht an allen Orten gleich

Digitized by Google

dicht stehen. Vorzüglich scheinen sie sich in der Nähe eines breiten lichten Streifens, der jedem unter der Benennung der Milchstraße bekannt ist, immer enger an einander zu drängen. Dieser Streifen umzieht in der Gestalt eines größten Kreises, von ungleicher Breite, den ganzen Himmel. Herschel war der erste, dem es gelang, durch seine lichtstarken Fernröhre, diesen Streifen, wenigstens in den meisten Theilen desselben, in kleine und äußerst dicht gedrängte Sterne aufzulösen. Er hat es sehr wahrscheinlich gemacht, daß diese ganze Sammlung von Sternen die Gestalt einer Linse habe, und daß wir, oder unser Planetensystem, nicht eben sehr weit von dem Mittelpunkte dieses ungeheuren, linsenförmigen Gebäudes stehen, wodurch es uns eben in der Gestalt erscheint, in welcher wir es am Himmel erblicken. Wenn wir nämlich unser Auge gegen die scharfe Kante dieser Linse erheben, so sehen wir unzählige, dicht gedrängte Sterne hinter einander, während wir, wenn wir den Blick gegen die Mitte der beiden großen Seitenflächen der Linse, d. h. gegen die beiden Pole derselben richten, nur wenigen und weit auseinander stehenden Sternen begegnen. Dort sehen wir von dem tiefen, dichten Walde des Himmels sehr viele und auch sehr weit entfernte, dicht an einander stehende Bäume, während wir hier, bei der geringen Breite des Waldes, nur die wenigen, uns zur Seite stehenden Bäume desselben erblicken. Jene beiden Pole der Milchstraße sind in der Nähe des Haupthaares der Berenice und der Bildhauerwerkstätte, und es ist selbst einem unerfahrenen Beobachter sehr auffallend, wenn er zufällig mit seinem Fernrohre diese beiden Gegenden des Himmels trifft und sie beinahe ganz sternleer findet.

Alle diese unzählbaren Sterne, welche die Milchstraße bilden, gehören also wahrscheinlich zu einem für sich bestehenden, abgeschlossenen Systeme, von dem unser ganzer Sonnenhaushalt nur einen sehr kleinen Theil ausmacht. Die Sterne der ersten Größe sind wahrscheinlich diejenigen jenes großen Systems, die uns noch am nächsten stehen, und vielleicht sind alle Sterne, die wir überhaupt sehen, nur noch die Sonnen dieses ersten Systems, da alle andern viel zu weit entfernt sind, um sie auch durch unsere besten Fernröhre noch erreichen zu können.

§. 198. (Andere Milchstraßen.) Da wir, wie gesagt, nahe in der Mitte dieses linsenförmig aufgestellten Sternenheeres uns befinden, so scheint uns die Kante, oder der hellste Theil desselben, in der Gestalt eines größten Kreises um den Himmel zu ziehen. Wenn aber unser Auge von dem Mittelpunkte dieser Bahn oder dieses größten Kreises um den ganzen Durchmesser dieses Kreises entfernt wäre, so würden wir die Milchstraße nur als einen Ring oder als eine Scheibe von 60 Graden im Durchmesser sehen. In der Entfernung von 100 Durchmessern würden wir die ganze Milchstraße nur mehr unter einem Winkel von 36 Minuten im Durchmesser erblicken, also kleiner, als der bekannte Nebelfleck in der Andromeda, der ebenfalls eine linsenförmige Gestalt hat.

Wie also, wenn dieser letzte Nebel selbst wieder eine, aber eine so weit von uns entfernte Milchstraße wäre, daß wir die einzelnen Sterne derselben nicht mehr unterscheiden können, so daß uns das Ganze nur mehr als eine schwache Lichtwolke erscheint? Solcher Nebel gibt es aber noch sehr viele am Himmel, und die Muthmaßung, welche wir hier von ihm aufgestellt haben, hat wenigstens sehr viel Wahrscheinlichkeit. — In der That hat auch Herschel mehrere dieser wunderbaren Gebilde des Himmels noch als sehr gedrängte Sternhaufen erkannt; seine mächtigen Fernröhre haben eine große Menge von sehr kleinen und äußerst dicht gedrängten Sternchen in ihnen erkennen lassen, während andere, wahr-

Digitized by Google

scheinlich noch viel weiter entfernte, sich nicht mehr in Sterne auflösen ließen, und selbst in seinen stärksten Teleskopen immer noch die frühere Nebelgestalt beibehielten. Er hat daraus den Schluß gezogen, daß diese letzten wenigstens gegen 10000 Sternweiten von uns entfernt seyn müssen. In einer solchen Entfernung würde aber unsere eigene Milchstraße kaum mehr eine Secunde am Himmel bedecken und uns daher ganz unsichtbar seyn. Wie viel größer müssen aber dann viele von jenen Milchstraßen seyn, da sie uns, jener Entfernung ungeachtet, doch noch oft unter einem Durchmesser von mehreren Minuten erscheinen.

§. 199. (Daraus folgende Anzahl der Fixsterne.) Wenn aber dieß Alles sich in der That so verhält, wer wird es dann noch unternehmen, die Sterne des Himmels zu zählen? — Offenbar führen uns die vorhergehenden Betrachtungen dahin, die Anzahl der Fixsterne als ganz unzählbar, als wahrhaft unendlich groß anzunehmen. Wir sind gleichsam gezwungen, den Weltenraum nach allen Richtungen hin als unbegränzt und überall und ohne Ende alle Gegenden desselben von Himmelskörpern eingenommen vorauszusetzen. Zwar ist es uns, bei unserer Beschränktheit, unmöglich, einen nach allen Seiten gränzenlosen Raum zu denken, aber ist es uns eben so unmöglich, die Natur und die schaffende Kraft derselben in irgend einer Beziehung, der Zeit oder des Raumes, beschränkt zu denken? — Können wir eine Ursache angeben, welche diese Kraft in ihrer Thätigkeit aufzuhalten im Stande ist? Wenn wir uns einen Raum, der keine Gränzen, also auch keine Gestalt hat, nicht mehr vorstellen können, so begreifen wir doch eben so wenig, wie der Urheber aller Dinge, nachdem er Myriaden von Weltsystemen ihr Daseyn gegeben hatte, nun plötzlich in den Aeußerungen seiner schaffenden Allmacht aufgehalten werden, oder wie er sich selbst ein, wenn auch noch so entferntes, doch immer endliches Ziel seiner Wirksamkeit gesetzt haben sollte.

§. 200. (Einwurf gegen die unendliche Anzahl der Fixsterne.) Aber, könnte man einwenden, wenn die Zahl der Sterne des Himmels in der That, und im eigentlichen Sinne des Wortes unendlich seyn soll, so müßte auch jeder unserer Gesichtsstrahlen auf einen, ja selbst wieder auf unendlich viele hinter einander stehende Sterne stoßen, und die Folge davon müßte seyn, daß uns der Himmel in allen seinen Punkten mit Sternen ganz bedeckt, daß uns jeder Punkt desselben ganz eben so hell, als die Sonne selbst, erscheinen würde. Da dieß nun offenbar gegen alle Erfahrungen ist, so kann auch jene Voraussetzung einer wahrhaft unendlichen Zahl von Fixsternen nicht zugelassen werden.

Da wir, ebenfalls unseren Erfahrungen zufolge, noch nirgends in der ganzen Natur einen völlig leeren Raum angetroffen haben, so ist es auch nicht wahrscheinlich, daß die großen Räume, welche unsere Planeten, und die noch viel größeren, welche die Sonnensysteme unserer Milchstraße, und welche diese Milchstraßen selbst von einander trennen, ganz leer und von keiner Materie ausgefüllt seyn sollten. Wir haben erst in den neuesten Zeiten eine Gattung von directem Beweis für die Existenz eines solchen Aethers, oder wie man diese Materie sonst nennen mag, an dem Kometen von $3^3/_{10}$ Jahren Umlaufszeit erhalten, von dem wir oben (II. §. 175) gesprochen haben. Welcher Art dieser Aether, wie groß auch seine Feinheit und Durchsichtigkeit seyn mag, so wird er doch das Licht der Fixsterne, das sich in dem Mittel dieses Aethers bewegt, schwächen müssen, und die Folge dieser Schwächung wird endlich seyn, daß dieses Licht nicht mehr bis zu uns vordringen kann, oder doch einen ganz unmerklichen Eindruck auf unser Auge machen muß. Nehmen wir mit Olbers, dem wir die Untersuchung dieses Gegenstandes verdanken,

Digitized by Google

an, daß von 800 Strahlen, die uns Sirius oder überhaupt jeder Stern der ersten Größe, der eine Sternweite (4 Bill. Meilen) von uns entfernt ist, zusendet, auch nur ein einziger durch den Widerstand des Aethers verloren geht, so wird, wie man durch eine einfache Rechnung findet, die Helligkeit eines Sternes, wenn sie in der Entfernung einer Sternweite gleich der Einheit gesetzt wird, in der Entfernung von 84 Sternweiten nur mehr $^9/_{10}$ seyn, also bereits $^1/_{10}$ ihrer früheren Helligkeit verloren haben. In der Distanz von 554 Sternweiten wird diese Helligkeit nur mehr $^1/_2$, in der Distanz von 5500 Sternweiten aber bloß $^1/_{1000}$ ihrer ursprünglichen Größe betragen.

Nach Bouguer's Messungen ist das Licht des Vollmondes nahe 300000mal schwächer, als das der Sonne. Sucht man, jenen Rechnungen zufolge, die Distanz eines Sterns, dessen Licht nur mehr mit dem 300000sten Theile seiner ursprünglichen Größe zu uns kömmt, so findet man ihn gleich 10080 Sternweiten. Es würden daher schon sehr viele und dicht gedrängte Sterne erfordert werden, um einen so ungemein weit von uns entfernten Sternhaufen, selbst in der dunkelsten Nacht, noch als einen matten, blassen Nebelfleck erkennen zu lassen.

Der oben erwähnte Einwurf hindert uns also nicht, die Anzahl der Sterne in der That als unendlich, und den Weltenraum nach allen Richtungen als völlig unbegränzt anzunehmen. Auch stimmt dieß ganz mit den Vorstellungen überein, denen wir uns nicht entziehen können, wenn wir uns, wenn gleich nur aus unendlicher Ferne, im Gedanken bis zu dem Urheber der Natur zu erheben wagen. Um den Raum der Schöpfung in einem Verhältnisse mit der unendlichen Macht des Schöpfers zu denken, müssen wir, mit Kant, dem höchsten Wesen eine doppelte Ewigkeit beilegen, denn die Ewigkeit der Zeit allein ist noch nicht hinreichend, die Zeugnisse dieses Wesens zu umfassen; sie muß noch mit der Ewigkeit des Raumes verbunden, also mit der doppelt gränzenlosen Unendlichkeit der Wirkungssphäre, deren Dauer und Ausdehnung gleich unbeschränkt ist, gedacht werden.

§. 201. (Größe der Fixsterne.) Wenn man den scheinbaren Halbmesser Δ eines Fixsterns oder den Winkel kennt, unter welchem dieser Halbmesser unserem Auge erscheint, und wenn überdieß die Entfernung a dieses Sterns von uns bekannt ist, so findet man daraus leicht auch die absolute Größe dieses Halbmessers r in irgend einem uns gewöhnlichen Maaße ausgedrückt. Wird z. B. der scheinbare Halbmesser Δ in Secunden und die Entfernung a in Erdweiten, deren jede nahe 20 Millionen Meilen beträgt, ausgedrückt, so ist der wahre Halbmesser r des Sternes gleich a multiplicirt in dem Sinus von Δ oder auch, der wahre Halbmesser r ist gleich dem Produkte von a und Δ multiplicirt in die Zahl 0 000004848.

Diese Entfernung a aber findet man aus der jährlichen Parallaxe π des Sternes (I. §. 68), das heißt, aus dem Winkel, unter welchem von einem Auge in dem Fixsterne der Halbmesser der Erdbahn oder die Erdweite gesehen wird. Es ist nämlich immer die Entfernung a gleich der Zahl 206260 dividirt durch die Parallaxe π, wenn dieser Winkel π auch in Secunden ausgedrückt wird.

Daraus folgt zugleich, daß wenn der scheinbare Halbmesser Δ und die Parallaxe π gegeben sind, man auch die Distanz a als gegeben ansehen kann, da immer a gleich Δ dividirt durch π ist.

Die vorhergehenden Gleichungen reichen hin, je zwei der vier Größen a, r, π und Δ zu finden, wenn die zwei anderen gegeben sind. Allein unsere Kenntnisse der Fixsterne sind noch so unvollkommen, daß von

Digitized by Google

keinem einzigen derselben auch nur eine dieser vier Größen mit Verläßlichkeit als bekannt angenommen werden kann. Es bleibt uns daher nichts übrig, als willkührliche Voraussetzungen zu wagen und zuzusehen, welche Folgen sie haben würden.

Ich habe bereits oben gesagt, daß alle Fixsterne in guten Fernröhren nur als untheilbare Punkte ohne alle Dimensionen erscheinen. Nehmen wir aber z. B. an, daß der scheinbare Halbmesser der Sterne gleich $^1/_{10}$ Secunde sey und daß man von mehreren derselben die Parallaxe von 2, 1, $^1/_2$ Secunde u. s. gefunden habe. Die folgende kleine Tafel gibt dann unter der Voraussetzung von $\Delta = {}^1/_{10}$, für verschiedene Parallaxen π die Entfernungen a sowohl, als auch die wahren Halbmesser dieser Sterne in Erdweiten ausgedrückt.

Parallaxe	Entfernung	wahrer Halbmesser
π	a	r
2″	103130	$^1/_{20}$
1″	206260	$^1/_{10}$
0″.5	412520	$^1/_5$
0″.1	2062600	1.

Multiplicirt man diese Zahlen durch 20000000, so erhält man die Entfernungen und Halbmesser der Sterne in d. Meilen ausgedrückt. Da aber die Erdweite gleich 214 Sonnenhalbmessern ist, so wird man die Halbmesser r der Tafel in Sonnenhalbmessern erhalten, wenn man die Zahlen derselben mit 214 multiplicirt. So sieht man, daß ein Fixstern, dessen Parallaxe 2″, und dessen scheinbarer Halbmesser $^1/_{10}$ Sec. ist, den wahren Halbmesser $r = 11$ haben, oder daß sein Halbmesser 11 mal größer als der der Sonne seyn muß. Ein Fixstern aber, für den man $\Delta = \pi = {}^1/_{10}$ Secunde hat, wird einen Halbmesser haben, der so groß als der Halbmesser der Erdbahn oder 214 mal größer, als der Halbmesser der Sonne ist.

Der ältere Herschel glaubte aus seinen Beobachtungen folgern zu können, daß bei dem großen Stern Wega in der Leyer der scheinbare Halbmesser Δ den sechsten Theil einer Secunde betrage. Nimmt man an, daß er 200000 Erdweiten, oder daß er eine Sternweite von uns entfernt ist, so findet man $r = 0.16$. Dann würde also sein wahrer Halbmesser 0.16 Erdweiten betragen, oder er würde 34 mal größer seyn, als der Halbmesser der Sonne. Sollte aber umgekehrt Wega an Größe unserer Sonne gleich, also r gleich $^1/_{214}$ Erdweiten seyn, und Δ doch noch den sechsten Theil einer Secunde betragen, so würde man für die Parallaxe π desselben 36″ finden, was nicht möglich ist, da man eine so große Parallaxe an diesem so oft beobachteten Fixstern längst entdeckt haben würde. — Würde bei einem Fixstern Δ sowohl als auch π gleich einer Secunde seyn, so würde dieser Stern 206260 Erdweiten, also nahe eine Sternweite oder 4 Billionen Meilen, von uns entfernt seyn, und sein wahrer Halbmesser würde gleich der Erdweite, das heißt, dieser Fixstern würde so groß seyn, daß er den ganzen Raum der Erdbahn mit seinem Volum ausfüllen würde. Wir haben oben von andern Himmelskörpern gesprochen, die aus der Tiefe des Weltraums nur mehr mit einem matten Lichte zu uns herüberschimmern, und deren Entfernung Herschel auf 10000 Sternweiten, also auf 2000 Millionen Erdweiten geschätzt hat. Welche Ausdehnung müssen diese Körper haben, da sie auch in dieser ungeheuren Entfernung öfter noch einen scheinbaren Halbmesser von mehreren Minuten haben. Nimmt man aber diesen Halbmesser auch nur zu zehn Secunden an, so folgt daraus durch unsere

Digitized by Google

Gleichungen, wenn man in ihnen $\varDelta = 10$ und $a = 2000$ Millionen setzt, daß π gleich 0.000103 Secunden und r gleich 96960 Erdweiten seyn muß, d. h. der wahre Halbmesser derselben ist nahe 21 Millionenmal größer, als der der Sonne, oder der Durchmesser dieser Körper beträgt 4 Billionen Meilen, d. h. eine Sternweite, und aus dieser Entfernung erscheint der Halbmesser der Erdbahn, eine Distanz von mehr als 20 Millionen Meilen, nur mehr unter dem Winkel von dem zehntausendsten Theil einer Secunde. Wenn also auch unsere Sonne so groß wäre, daß sie den ganzen Raum der Erdbahn mit ihrem Körper ausfüllte, ja wenn sie selbst noch im Durchmesser 10000mal, also im Volum ein Billionenmal größer wäre, so würde sie doch in jener Ferne nur mehr unter dem Winkel von einer Secunde, also nahe von einem Durchmesser erscheinen, der schon von dem zehnten Theile der Dicke eines gewöhnlichen Menschenhaares bedeckt wird.

Diese unsere Sonne könnte daher plötzlich erlöschen, und unser ganzes Planetensystem könnte wieder in die alte Nacht, aus der es hervorgegangen ist, zurücksinken, ohne auf jenen Himmelskörpern auch nur vermißt zu werden. — Wie klein erscheint hier jede menschliche Größe! Wie klein selbst dieses ganze Sonnensystem gegen jenes unzählbare Heer von Systemen; dieser Wassertropfen, der an einer Nadelspitze hängt, gegen jenes unendliche Meer von Welten!

§. 202. (Größe der Sterne in Beziehung auf ihr Licht.) Da wir auf die eigentliche Größe oder auf das Volum der Sterne nur aus dem Lichte, welches sie uns zuschicken, schließen können, ein Schluß, der oft sehr unrichtig seyn mag, indem das Licht der Sterne sehr verschieden seyn kann, so wollen wir noch sehen, was wir über dieses Licht der Sterne in Vergleichung mit dem unserer Sonne sagen können.

Wollaston hat durch directe photometrische Untersuchungen (Phil. Trans. 1829. S. 24), gegen deren Richtigkeit sich nichts Bedeutendes einwenden läßt, gefunden, daß das Licht, welches uns Sirius zuschickt, zu dem der Sonne sich verhalte, wie 1 zu 20000 Millionen. Da nun diese Zahl das Quadrat von 141400 ist, so folgt, daß die Sonne erst in einer Entfernung von 141400 Erdweiten (nahe 3 Billionen Meilen) uns so groß wie Sirius erscheinen würde. Nimmt man nun die Parallaxe dieses Sterns gleich einer Secunde, oder seine Entfernung gleich 200000 Erdweiten an, so muß das Licht des Sirius an sich wenigstens zweimal so groß seyn, zweimal so viel Glanz oder Intensität haben, als das unserer Sonne. Allein die Parallaxe des Sirius ist gewiß viel kleiner, als eine Secunde, und daher auch sein Licht viel größer, als wir so eben gefunden haben. — Vielleicht wird es unsern Nachfolgern gegönnt seyn, diese und ähnliche Untersuchungen weiter fortzuführen; wir müssen uns noch mit bloßen Conjecturen und mit frommen Wünschen begnügen, und da wir derselben in diesem Kapitel schon so viele vorgebracht haben, so wird es besser seyn, sie nicht noch weiter fortzuführen, und, was etwa noch dazu gethan werden könnte, unsern Lesern zu überlassen.

Digitized by Google

Kapitel XIII.

Doppelsterne.

§. 203. (Sternreiche Gegenden des Himmels.) Schon dem bloßen Auge begegnen auf den ersten Blick mehrere Stellen des Himmels, die viel dichter mit Sternen besäet sind, als andere. So zeigt sich der größte Theil des schönen Sternbildes Orion, die Leier, die Gegend zwischen β und ζ im Stier u. s. sehr sternreich: während wieder andere, wie das Sternbild des Luchses, des Camelopards u. s. w. nur sehr wenige und kleine Sterne enthalten. Zu den letzten gehören auch die ganz dunklen Stellen des Himmels nahe am Scorpion, am Fuchse, mitten in dem großen Lichtnebel Orions, und endlich die sogenannten Kap'schen Wolken oder die Kohlensäcke beim südlichen Kreuze in der andern Hemisphäre.

Auch sieht man häufig einzelne Sterngruppen oder Stellen, wo mehrere größere Sterne in einem kleinen Raume zusammen gedrängt erscheinen. Die Plejaden, am Halse des Stiers, die unter dem Namen der Glucksenne bekannt sind, enthalten auf dem Raume eines Kreises, dessen Halbmesser kaum einen Grad beträgt, einen Stern vierter, sechs fünfter, fünf sechster und zwei und dreißig siebenter Größe, nebst vielen andern noch kleineren, also 44 mit freien Augen noch gut erkennbare Sterne. Die bekannte Krippe im Sternbilde des Krebses (AR = 8h 29′, Poldist. = 69° 30′) enthält auf der Fläche eines halben Quadratgrades über 40 deutlich erkennbare Sterne, vieler anderer kleinerer nicht zu erwähnen.

Es ist nicht wahrscheinlich, daß dieses Zusammendrängen der Sterne an besonderen Stellen des Himmels bloß von dem Zufalle oder von der Stellung unseres Auges kommen sollte. Wenn man die aus den Beobachtungen bekannte Anzahl der Sterne der siebenten Größe mit den 44 Sternen der Plejaden vergleicht, so zeigt die Wahrscheinlichkeitsrechnung, daß man viele Millionen gegen Eins wetten kann, daß die enge Nachbarschaft der letzteren nicht zufällig ist.

§. 204. (Doppelsterne.) Dasselbe gilt aber auch von denjenigen Sternen, die man so häufig am Himmel paarweise und in sehr geringen Entfernungen von einander stehen sieht. Sie sind oft nur durch wenige Secunden von einander getrennt und kommen so häufig vor, daß wir ihrer schon über 6000 beobachtet haben. Diese Nähe, und noch mehr, diese große Anzahl der Doppelsterne macht es äußerst unwahrscheinlich, daß sie diese Duplicität nur ihrer Stellung gegen unser Auge verdanken, daß sie nur optisch doppelt seyn, oder daß sie für uns bloß auf derselben Gesichtslinie stehen und demungeachtet doch durch sehr große Distanzen von einander getrennt seyn sollten. Wir sind also veranlaßt, diese Sterne für physisch doppelt anzunehmen, für Sternenpaare, die in der That nahe an einander stehen, die zusammen gehören und die durch irgend ein gemeinschaftliches Band zu einem Gan-

Digitized by Google

zen, zu einem eigenen, isolirten Systeme verbunden sind. Wir werden diese Annahme bald noch mehr bestätiget finden.

§. 205. (Klassen der Doppelsterne.) Der ältere Herschel, der die Doppelsterne zuerst zu einem Gegenstande seiner besonderen Aufmerksamkeit machte, und der sie gegen das Jahr 1780 zu beobachten anfing, fand bald eine so große Anzahl derselben, daß er es für nöthig fand, sie in Klassen einzutheilen. Als Eintheilungsgrund nahm er die verschiedenen Distanzen derselben an und setzte in die erste Klasse alle diejenigen, deren Distanz kleiner als 4 Secunden war; zur zweiten Klasse zählte er die, deren Distanz zwischen 4 und 8, zur dritten, die zwischen 8 und 16 Secunden, und zur vierten endlich, die zwischen 16 bis 32 Secunden. Von den 6000 Doppelsternen, die wir jetzt kennen, gehören nahe 1930 in die erste, 1310 in die zweite, nahe eben so viel in die dritte und 1450 in die vierte Klasse.

In den neueren Zeiten hat man jene Eintheilung wieder verlassen, vorzüglich aus dem Grunde, weil diese Distanzen, wie wir bald sehen werden, veränderlich sind und daher kein gutes Mittel zur Eintheilung geben können. Man führt sie jetzt gewöhnlich so, wie alle anderen Sterne, auf, indem man von den größeren der beiden Sterne die Rectascension und Poldistanz (I. Einl. §. 22, 29) in dem Sternenverzeichnisse angibt, was hinreichend ist, seinen Ort am Himmel zu jeder Zeit zu finden. Diesen beiden Angaben wird dann noch die Distanz Δ der beiden Sterne in Secunden und der Positionswinkel Π beigefügt, d. h. der Winkel, welchen diese Distanz mit dem Declinationskreise (I. Einl. 13) des größern Sterns bildet.

§. 206. (Verhältniß der doppelten Sterne zu den einfachen.) Nach den Untersuchungen, die man über die Anzahl der Doppelsterne, indem man sie aus den einfachen heraus suchte, angestellt hat, findet man, daß von den Sternen der ersten bis sechsten Größe auf je 10 solcher Sterne schon ein Doppelstern kömmt. Von den Sternen der sechsten bis neunten Größe aber findet man nur auf je 25 und von noch kleineren erst unter je 42 einfachen Sternen einen Doppelstern. — Die Doppelsterne werden also seltener, je kleiner die Sterne selbst sind. Dieß und die oben bemerkte größere Anzahl der Doppelsterne der ersten Klasse ist sehr merkwürdig. Wenn die Doppelsterne nur optisch oder bloß scheinbar doppelt wären, so müßten die der vierten Klasse die häufigsten und die der ersten im Gegentheile die seltensten seyn. Da die Flächen der Kreise von 4, 8, 16 und 32 Secunden sich wie die Zahlen 1, 4, 16 und 64 verhalten, so müßten sich die Zahlen der Doppelsterne, wenn sie bloß optisch wären, in den vier Klassen wie 1, 3, 12 und 48 verhalten, so daß also von 64 optischen Doppelsternen nur ein einziger von der ersten, 3 von der zweiten, 12 von der dritten und 48 von der vierten Klasse seyn müßten. Wir hatten aber oben 1450 Doppelsterne der vierten Klasse gefunden, so daß, wenn diese alle optische Doppelsterne wären, der dritten Klasse 362, der zweiten 91 und der ersten nur 30 zukommen könnten. Allein nach dem Vorhergehenden gaben die Beobachtungen für die dritte Klasse nicht 362, sondern 1310, für die zweite nicht 91, sondern 1310 und für die erste Klasse nicht 30, sonden 1930. Dieser gänzliche Mangel an Uebereinstimmung, den zuerst Struve bemerkte, zeigt, daß die Doppelsterne der ersten Klasse beinahe alle wahre oder physisch doppelte Sterne seyn müssen, und daß derselbe Schluß auch noch von den meisten Sternen der zweiten und dritten Klasse gilt.

§. 207. (Verschiedenheit der Doppelsterne.) Gewöhnlich ist der eine dieser beiden Sterne viel kleiner als der andere, wie z. B. bei dem Po-

Digitized by Google

larstern, wo der eine der zweiten und der andere der eilften Größe ist. Oft sind aber auch beide Sterne an Größe einander sehr nahe gleich. Dahin gehören γ Widder, die beide der V. Größe sind; Castor der III. und IV.; γ Löwe der II. und IV.; γ Jungfrau der III. und III.; β großer Bär der III. und IV. Größe u. s. f. Wenn solche Sterne, wie die erwähnten, beide schon zu den größeren gehören und überdieß einander sehr nahe stehen, so ist es offenbar noch viel wahrscheinlicher, daß sie physisch doppelt sind und in der That zu einander, oder zu einem gemeinschaftlichen Ganzen gehören. Dieß ist der Fall bei Castor, wo die Distanz nur 4 Secunden, bei γ Löwe und γ Jungfrau, wo sie nur 3 Secunden beträgt u. s.

§. 208. (Eigene Bewegung der Fixsterne.) Es wurde bereits (oben I. Kap. XII.) erwähnt, daß jeder Fixstern, außer den ihnen allen gemeinschaftlichen Bewegungen der Präcession, Aberration und Nutation, noch eine eigene Bewegung habe, deren Grund die Astronomen bisher nicht auffinden konnten. Diese Bewegung ist bei mehreren derselben nicht unbedeutend, wie folgende kleine Tafel zeigt, welche die Ortsveränderung der darin enthaltenen Sterne während einem Jahrhunderte enthält:

	Rectasc.	Poldistanz
Θ Ursae majoris	164 Sec.	61 Sec.
τ Ceti	181 „	92 „
40 Eridani	222 „	339 „
47 Eridani	430 „	83 „
24 Cephei	509 „	3 „
61 Cygni	503 „	339 „
μ Cassiopeiae	571 „	150 „

Dieselbe eigene Bewegung bemerkt man aber auch bei den Doppelsternen. Nehmen wir an, daß einer derselben sich während einem Jahrhunderte durch 300 Secunden bewege, so würde er seit dem Anfange unserer Zeitrechnung oder seit 18 Jahrhunderten schon einen von $1^1/_2$ Grad am Himmel zurückgelegt haben. Dieser Weg beträgt dreimal so viel, als der Durchmesser des Mondes, und in der That kann er, wegen der sehr großen Entfernung des Sterns, viele Billionen von Meilen betragen. Und doch wurde er auf dieser so großen Bahn stets von seinem andern Stern begleitet! Beide zogen mit einander, und der Stern, der zur Zeit vor Christi Geburt ein Doppelstern war, erscheint auch in unseren Tagen noch als ein solcher, wenn gleich sein Ort am Himmel um Billionen Meilen von dem Orte, den er in früheren Zeiten eingenommen hat, verschieden seyn mag. Kann man hier noch zweifeln, daß die Doppelsterne in der That zu einander gehören?

§. 209. (Vertheilung der Doppelsterne am Himmel.) Die Doppelsterne sind nicht in allen Gegenden des Himmels gleich zahlreich. Gewöhnlich sind diejenigen Gegenden, die überhaupt nur wenig einfache Sterne enthalten, auch an Doppelsternen sehr arm, z. B. die der Jagdhunde, des Drachen, der Bildhauerwerkstätte, also überhaupt in der Nähe der beiden Pole der Milchstraße. Wie man sich aber dieser Milchstraße nähert, nimmt die Zahl der einfachen sowohl, als auch der doppelten Sterne schnell zu. Aber auch außer der Milchstraße gibt es einzelne Gegenden, die an Doppelsternen sehr reich sind, wie das Sternbild des Perseus, des Widders, der Fliege, der Zwillinge und besonders das des Orion.

Nicht selten sieht man auch zwei solche Doppelsterne, also vier Sterne,

Digitized by Google

deren je zwei einander sehr nahe stehen, auf einmal in dem Felde des Fernrohrs. Dieß ist z. B. der Fall bei β Leier und im Sternbilde des Schwans (AR = 20h, Pold. = 54° 42′).

§. 210. (Drei- und mehrfache Sterne.) Zuweilen bemerkt man auch drei Sterne in einer großen Nähe bei einander. Ein solcher ist z. B. im Orion (AR = 4h 49′, Pold. = 75° 45′), von denen zwei der VII. und der dritte der X. Größe ist. Andere sieht man im Luchse (AR = 6h 30′, Pold. = 30° 23′) bei ζ Krebs, ξ Waage, 7 Stier u. s. Im Stier findet sich ein Doppelstern der vierten Klasse, wo der größere Stern selbst wieder ein Doppelstern der ersten Klasse ist. Ein ähnlicher dreifacher Stern ist ψ in der Cassiopeia. In den Trippelsternen von π Einhorn, ζ Krebs, ψ Waage gehören alle drei Sterne zu den größeren.

Auch vier- und mehrfache Sterne sind nicht selten am Himmel zu finden. Ein solcher vierfacher Stern ist ϑ im Orion. Er steht nahe in dem dunkelsten Theile des merkwürdigen Nebels im Orion, und die vier Sterne desselben bilden ein nahe regelmäßiges Viereck. Obschon dieser schöne Gegenstand seit langer Zeit von den Astronomen mit den besten Fernröhren beobachtet worden ist, so entdeckte doch Struve i. J. 1825 in der Mitte dieses Vierecks noch einen kleinen fünften Stern, der seitdem so hell geworden ist, daß ihn jetzt jeder, mit einem guten Fernrohr versehene Beobachter, ohne Anstand bemerken kann. Es scheint daher, daß dieser neue Stern erst in den letzten Zeiten entstanden, und daß er jetzt im Wachsen begriffen ist. Oft sieht man auch zwei Sternenpaare, nahe bei einander, zugleich im Felde des Fernrohrs, wie bei ε Leier, σ Orion, und in AR = 7h 48′ und Pold. = 34° 9′ oder in AR = 16h 24′ und Pold. = 70° 33, u. s.

Ohne die übrigen vielfachen Sterne hier noch weiter zu verfolgen, bemerken wir nur, daß Struve den Stern σ im Orion, unmittelbar unter dem tiefsten der drei Sterne, die unter dem Namen des Jacobsstabes bekannt sind, sogar als einen *sechszehnfachen* Stern erkannt hat.

§. 211. (Bewegung der Doppelsterne um einander.) Wir haben bereits oben gesagt, daß die Doppelsterne, so wie überhaupt alle Sterne des Himmels, eine eigene *fortschreitende* Bewegung im Raume haben, und daß sie, dieser Bewegung ungeachtet, nicht aufhören, doppelt zu bleiben, daß also diese Sternpaare ihren großen Weg im Weltraume wie zwei eng verbundene Wanderer gemeinschaftlich zurücklegen. Der merkwürdigste unter diesen Zwillingssternen ist der oben erwähnte Doppelstern 61 im Schwan. Man findet ihn am Himmel zwischen den beiden größeren, aber einfachen Sternen ν und τ dieses Sternbildes beinahe in der Mitte derselben oder in der Rectascension 21h 0′ und Poldistanz 52° 3′. Dieser Stern hat eine sehr große eigene Bewegung, nämlich in 100 Jahren durch 503″ in Rectascension und durch 339″ in Declination. Sie sind alle beide von der sechsten Größe, und ihre Distanz beträgt nahe 15 Secunden. Aus den angeführten zwei Bewegungen dieses Doppelsterns folgt, daß er sich, während einem Jahrhundert, in der Richtung seiner Bahn durch 607 Secunden bewegt. Dieser Stern hat also seit Christi Geburt über drei Grade, d. h. über sechs Monddurchmesser am Himmel zurückgelegt, ohne von seinem Begleiter auch nur einen Augenblick verlassen worden zu seyn.

Wenn aber eine so große, gemeinschaftliche Bewegung der beiden Sterne eines Doppelgestirns schon so deutlich für ihr inneres Zusammengehören spricht, so wird dafür durch eine andere Bewegung, die man an ihnen bemerkt hat, diese Vermuthung zu einer nicht weiter zu bezweifelnden Gewißheit erhoben. Man hat nämlich schon bei sehr vielen

Digitized by Google

dieser Sternenpaare eine Bewegung des einen um den anderen dieser Sterne bemerkt. Der Begleiter beschreibt um seinen Centralstern, als um einen Mittelpunkt, eine kreisförmige oder elliptische Bahn, ganz eben so, wie die Planeten um die Sonne, oder die Satelliten um ihre Hauptplaneten Bahnen beschreiben.

Wenn man nämlich bei diesen Doppelsternen die Distanz Δ derselben, und den Positionswinkel II zu zwei oder mehr verschiedenen Zeiten beobachtet, so findet man, daß sich diese Größen regelmäßig ändern, und daß der Winkel II insbesondere schon in wenig Jahren beträchtlich zu- oder abnimmt, woraus folgt, daß sich der eine dieser Sterne um den andern bewegen muß.

Was zuerst die Distanz Δ der beiden Sterne betrifft, so nimmt sie bei einigen Sternen regelmäßig zu, wie z. B. bei dem merkwürdigen Stern Mira Ceti (AR $= 2^h\ 10'$, Pold. $= 93°\ 48'$); bei andern im Gegentheile wird sie immer kleiner, wie bei ζ Orion, γ Jungfrau, σ Krone u. s. Bei einigen endlich, wie bei Castor, ζ großer Bär u. a. scheint diese Distanz immer dieselbe zu bleiben. Bei diesen letzten scheint daher die Bahn des Begleiters nahe kreisförmig zu seyn und senkrecht auf unsere Gesichtslinie zu stehen, daher wir gleichsam den ganz geöffneten Ring dieser Bahn sehen, während bei dem ersten die Bahn sehr elliptisch ist und überdieß sehr schief gegen die Gesichtslinie ist, so daß wir gleichsam nur die scharfe Kante derselben erblicken.

Wichtiger aber, oder doch auffallender sind die Veränderungen des Positionswinkels II der Distanz Δ mit dem Declinationskreise des Centralsterns. In dem Doppelstirn ζ Krebs ändert sich dieser Winkel in hundert Jahren schon um 60 Grade, in η Cassiopeia um 12, in Castor sogar um 142 Grade, und zwar sehr regelmäßig, während wieder bei anderen, wie in γ Jungfrau, die Veränderung dieses Winkels bald langsam, bald wieder sehr schnell vor sich geht, woraus man mit Recht auf eine sehr excentrische Bahn des letzten Doppelsterns schließen kann. Es gibt sogar mehrere Doppelsterne, deren Positionswinkel sich, seit der ersten Beobachtung desselben durch Herschel, schon um volle 360 Grade verändert, bei welchen demnach der Begleiter schon einen ganzen Umlauf um seinen Centralkörper vollendet hat. Bei anderen endlich ist diese Veränderung des Positionswinkels so groß und so regelmäßig, daß man schon aus den Beobachtungen einiger Jahrzehnte mit Sicherheit auf die ganze Zeit der Revolution derselben schließen kann. So fand man

für η Krone	die	Umlaufszeit		43	Jahre
ξ großer Bär	„	„	„	61	„
70 Ophiuchus		„	„	80	„
Castor	„	„	„	253	„
σ Krone	„	„	„	287	„
61 Schwan	„	„	„	452	„
γ Jungfrau	„	„	„	513	„

Es ist kein Zweifel, daß wir bald noch mehrere Doppelsterne kennen lernen werden, deren Umlaufszeit wir nicht angeben können, da es erst fünfzig Jahre ist, seitdem sich die Astronomen mit ihnen besonders beschäftiget haben, so daß dieser interessante Gegenstand noch zu den neuen gezählt werden muß, deren weitere Ausbildung erst in der Folgezeit erwartet wird.

§. 212. (Bedeckungen der Fixsterne unter einander.) Wir bemerken öfter, daß der Mond vor der Sonne oder vor den Fixsternen vorübergeht und uns dadurch den Anblick dieser Gestirne auf einige Zeit raubt.

Digitized by Google

Die Sonnenfinsternisse und Sternbedeckungen (I. §. 175) beobachten die Astronomen mit besonderem Fleiße, weil sie die besten Mittel zur Bestimmung der geographischen Längen der Beobachtungsorte auf der Oberfläche der Erde darbieten. Auch sieht man zuweilen diese Sterne durch die Planeten, oder selbst, obwohl selten genug, einen Planeten durch den andern bedecken. Aber daß auch die Fixsterne sich unter einander bedecken sollten, dieß würde man noch vor wenig Jahren für unmöglich gehalten haben.

Wenn aber die Ebene der Bahn des Doppelsterns so schief gegen unsere Gesichtslinie liegt, daß uns dieselbe nur mehr nahe wie eine gerade Linie erscheint, und solcher Bahnen gibt es, wie wir oben gesehen haben, mehrere, so wird uns eine solche Erscheinung nicht mehr wunderbar vorkommen können. In diesem Falle scheint nämlich der Begleiter um seinen Centralstern eine gerade, durch diesen Stern gehende Linie zu beschreiben, und wenn er demselben auf diesem Wege nahe genug kömmt, so wird er ihn entweder bedecken oder von ihm bedeckt werden, je nachdem er, in Beziehung auf uns, vor oder hinter seinem Centralkörper vorübergeht. Dieß ist z. B. der Fall mit dem Doppelstern τ im Schlangenträger (AR = 17h 53′, Pold. = 98° 10′). Der ältere Herschel sah ihn im Jahr 1781 noch als einen, obschon bereits sehr nahen Doppelstern. Sein Sohn und auch Struve sahen ihn im Jahr 1828 nur mehr einfach, aber doch noch in einer länglichen Gestalt. Jetzt aber erscheint er, selbst durch die besten Fernröhre, als ein vollkommen einfacher, runder Stern. Nach einigen Jahren werden wir ihn ohne Zweifel wieder doppelt sehen.

Der Doppelstern ζ Orion im Gegentheile wurde von dem älteren Herschel vor fünfzig Jahren als ein bestimmt einfacher Stern bemerkt, während er jetzt zu den Doppelsternen gehört, dessen Distanz wohl noch sehr klein ist, aber doch deutlich mit der Zeit wächst. Dasselbe ist der Fall mit ζ Hercules und δ Schwan, die früher ebenfalls einfach waren und jetzt doppelt gesehen werden. Auch die Bahn von γ Jungfrau liegt sehr schief gegen uns, und die Distanz dieses Doppelsterns wurde in den letzten Zeiten so klein (sie war im Jahr 1830 nur mehr 1.″5), daß man schon einer Bedeckung desselben entgegen sah, allein seitdem wächst diese Distanz wieder, und die Ebene der Bahn geht also nicht genau durch unsere Sonne, daher auch der Begleiter über dem Centralstern vorbeiging.

§. 213. (Erste Meinung von den Doppelsternen.) Als Herschel im Jahr 1780 sich mit diesen Gestirnen zu beschäftigen anfing, hatte er die Ansicht, daß sie alle, oder doch die meisten nur optisch doppelt wären, daß sie also, wenn gleich vielleicht in sehr großen Entfernungen hinter einander, doch für uns nahe auf derselben Gesichtslinie stehen. Er sah bald, daß sie, wenn anders diese Meinung gegründet ist, ein sehr gutes Mittel zur Bestimmung der Parallaxe des näheren Sterns geben würde, und dieß war auch der Zweck, welchen er durch die Beobachtung dieser Gestirne zu erreichen suchte. — Wenn wir nämlich einen solchen Doppelstern von den entgegengesetzten Punkten der jährlichen Bahn der Erde um die Sonne, also zu zwei um ein halbes Jahr von einander entfernten Zeiten, beobachten, so wird der nächste von beiden seinen Ort gegen den weitern unbeweglichen zu ändern scheinen, und aus diesen Aenderungen wird sich die Entfernung desselben von der Erde um so sicherer ableiten lassen, als die Vergleichung der Distanz der beiden Sterne sich hier mit der größten Schärfe anstellen läßt. Allein, wie es öfter zu gehen pflegt, er fand nicht, was er suchte: die Parallaxe der Fixsterne;

Digitized by Google

aber er fand dafür etwas anderes, was nicht minder interessant war: die Bewegung des einen derselben um den anderen, und diese Entdeckung mit allen ihren Folgen mußte ihn wohl nicht weniger überraschen, als ihn die Erfüllung seines ersten Wunsches erfreut haben würde.

Den Lesern ist die Methode, die Entfernung der Gestirne aus ihrer Parallaxe zu finden, schon aus I. Kap. V. bekannt. Da es sich aber hier um die sehr großen Entfernungen handelt, um welche die Fixsterne von uns abstehen, so wird es nicht unzweckmäßig seyn, den Zusammenhang zwischen der Parallaxe und der Entfernung eines Fixsterns unter verschiedenen Voraussetzungen der ersten durch eine kleine Tafel gleichsam mit einem Blicke übersehen zu lassen.

Nehmen wir also an, daß der Durchmesser der Erdbahn, der zu den beiden, ein halbes Jahr von einander entfernten Beobachtungen gehört, so gewählt worden ist, daß er auf der Gesichtslinie von dem Stern nach der Sonne senkrecht steht, und nennen wir α den Winkel, unter welchem ein Auge in dem Sterne diesen Halbmesser der Erdbahn, der 20658000 deutsche Meilen beträgt, sehen wird, so wie R die daraus folgende Entfernung des Sterns von der Sonne und endlich, um die hier für R enthaltenen großen Zahlen leichter zu übersehen, T die Zeit, in welcher das Licht diese Entfernung R zurücklegt, vorausgesetzt, daß das Licht in einer Secunde 41900, also in einem Tage 3620 Millionen und in einem gemeinen Jahre 1322263 Millionen Meilen durchläuft.

α	R	T
Min.		
5	13700 Millionen Meilen	3.8 Tage
4	17200 » »	4.7 »
3	22900 » »	6.0 »
2	34400 » »	9.0 »
1	68700 » »	18.0 »
Sec.		
30	137000 Millionen Meilen	38 Tage
20	206000 » »	57 »
10	412000 » »	114 »
5	825000 » »	228 »
Sec.		
4	1 Billion Meilen	0.8 Jahre
3	$1^1/_2$ » »	1.1 »
2	2 » »	1.5 »
1	4 » »	3 »
$^1/_2$	$8^1/_4$ » »	6 »
$^1/_{10}$	41 » »	31 »
$^1/_{100}$	412 » »	310 »

Diese Tafel zeigt also, wie schnell die Distanz eines Sterns von uns zunimmt, wenn der Winkel α oder die jährliche Parallaxe desselben kleiner wird. Ist dieser Winkel gleich einer Secunde, d. h. erscheint der Halbmesser der Erdbahn, von dem Stern gesehen, nur mehr unter dem Winkel von einer Secunde, so beträgt die Distanz des Sterns von der Sonne, oder was hier dasselbe ist, von der Erde, vier Billionen Meilen oder eine Sternweite, wie wir sie oben genannt haben, und diese Distanz ist so groß, daß selbst das Licht, seiner ungeheuern Geschwindigkeit ungeachtet, sie erst in vollen drei Jahren zurücklegen kann. Wäre aber die Parallaxe eines Fixsterns nur der hundertste Theil einer Secunde, so würde die Distanz desselben 412, genauer 412½ Billionen Meilen betragen, wozu das Licht die Zeit von 310 Jahren gebrauchen würde. So kleine Winkel können wir aber selbst mit unseren feinsten Instrumenten nicht mehr messen, daher es uns unmöglich ist, über die Distanz der Fixsterne, deren Parallaxe, wie es scheint, durchaus beträchtlich kleiner, als eine Secunde ist, etwas Verläßliches zu bestimmen.

Man kann es übrigens nur mit Bedauern sehen, daß die Bemühungen der Astronomen, die Distanz der Fixsterne, wenigstens einiger derselben, zu finden, bisher alle vergebens gewesen sind, und daß auch die Hoffnung, welche die Doppelsterne für diesen Zweck gewährten, wieder vereitelt worden ist, wenn wir anders nicht einmal zufällig einen solchen bloß optischen Doppelstern auffinden sollten, der sich zu jener Absicht besonders eignet. — Indessen könnten selbst die physischen Doppelsterne uns einmal ein Mittel darbieten, diese so lange vergebens gewünschte Distanz der Fixsterne zu erhalten. Wir verdanken dieses Mittel dem geschickten Geometer Savary, der sich auch zuerst mit der schwierigen Bahnberechnung der Doppelsterne beschäftiget hat, und es wird, wie ich hoffe, den Lesern nicht unangenehm seyn, seine sinnreiche Idee hier kurz entwickelt zu finden.

§. 214. (Entfernung der Doppelsterne von der Erde.) Wenn die Ebene der Bahn, die wir hier der Kürze wegen als kreisförmig annehmen, auf der Gesichtslinie senkrecht steht, welche den Centralkörper O (Fig. 60) mit der Erde T verbindet, so werden alle Punkte der Peripherie AmBn dieses Kreises gleichweit von der Erde T entfernt seyn. Liegt aber, wie wir hier voraussetzen wollen, die Ebene dieser Bahn so schief gegen die Gesichtslinie, daß sie mit derselben beinahe zusammenfällt, oder daß die Erde gleichsam nur die Kante dieser Bahnen sieht, so werden diejenigen Punkte der Peripherie mBn, die hinter dem Centralstern liegen, durchaus eine größere Entfernung von der Erde haben, als die Punkte der vordern Hälfte mAn dieser Bahn, und der Sternsatellit wird, von der Erde gesehen, nicht in dieser krummen Bahn, sondern in der geraden Linie mOn oder in demjenigen Durchmesser des Kreises auf und ab zu gehen scheinen, welcher jene beiden Hälften mAn und mBn des Kreises von einander trennt. Eben so wird aber auch die Gesichtslinie TO die kreisförmige Bahn des Satelliten in einen Durchmesser AOB schneiden. Nehmen wir an, der Satellit bewege sich von A nach m, B, n, so wird dieser Durchmesser AOB den Kreis in zwei Hälften theilen, in deren einer AmB der Satellit sich in der That von der Erde entfernt, während er sich in der andern Hälfte BmA der Erde wieder nähert. Wir wollen, der Kürze wegen, jene die erste und diese die zweite Hälfte nennen.

Obschon nun in einem Kreise die Bewegung nicht anders als gleichförmig seyn kann, und obschon daher der Satellit in der Peripherie AmBn seiner Bahn immer mit derselben Geschwindigkeit fortgeht, so wird

Digitized by Google

er uns doch die Linie mSn hin und zurück mit einer veränderlichen Geschwindigkeit zurückzulegen scheinen. Wenn er für uns in der Nähe der Mitte O dieser Linie erscheint, wenn er also in der That in dem Punkte A oder B seiner Bahn ist, so wird die Richtung seiner Geschwindigkeit senkrecht auf die Gesichtslinie TS stehen, und daher diese Geschwindigkeit selbst am größten erscheinen. Wenn er aber in der Nähe der beiden Endpunkte m und n dieser Linie ankömmt, so ist die Richtung seiner Bewegung nahe dieselbe mit der Richtung der Gesichtslinie Tm oder Tn, daher uns hier seine Geschwindigkeit am kleinsten erscheinen wird. Allein diese Verschiedenheit der bloß scheinbaren Geschwindigkeiten wird ihn nicht hindern, die Hälfte dieser Linie Om hin und zurück doch in derselben Zeit zu durchlaufen, mit welcher er die andere Hälfte On zurückzulegen scheinen wird. Diese Unterschiede der Geschwindigkeiten werden also auf die Zeiten, in welchen der Satellit die beiden Hälften AmB und BnA seiner Bahn zurücklegt, keinen Einfluß haben.

Allein wenn dieser Halbmesser der Bahn so groß seyn sollte, daß selbst das Licht noch mehrere Tage und vielleicht Monate brauchte, um ihn zu durchlaufen, dann würden die beiden beobachteten Zeiten der halben Revolutionen durch die erste Hälfte AmB der Bahn, und durch die zweite BnA derselben, uns nicht mehr gleich, sondern die erste würde uns größer, als die zweite erscheinen.

Um dieß besser zu übersehen, wollen wir annehmen, der Sternsatellit brauche genau 1000 Tage, seine ganze Umlaufszeit um den Centralstern O zu vollenden und der Halbmesser OA oder OB seiner Bahn betrage 36200 Millionen Meilen, die das Licht in 10 Tagen zurücklegt. Wenn wir ihn heute in dem Punkte A seiner Bahn, also bei dem Centralstern O sehen, so wird er von heute in 250 Tagen den vierten Theil seines Umkreises zurückgelegt haben und daher in dem Punkte m seyn. Allein dieser zweite Punkt m ist nahe um den Halbmesser der Satellitenbahn von der Erde T weiter entfernt, als der erste Punkt A, und da das Licht 10 Tage braucht, diesen Halbmesser zu durchlaufen, so würden wir ihn nicht nach 250 Tagen, sondern um 10 Tage später, also erst in 260 Tagen nach jener Epoche, in dem Punkte m ankommen sehen, weil nämlich das von ihm in dem Augenblicke, wo er in m ankömmt, ausgesendete Licht erst in 10 Tagen nach dem Eintritt des Sterns in m, bei der Erde in T ankommen kann, oder weil wir die Botschaft dieser Ankunft des Sterns in m erst in 10 Tagen nach derselben durch das Licht erhalten können. Dasselbe wird auch von dem Punkte B gelten, von welchem das Licht bis zu uns zu kommen, 10 Tage mehr, als von m, also auch 20 Tage mehr als von A brauchen wird. Die Folge davon ist, daß der Satellit die erste Hälfte seiner Bahn AmB, oder daß er die gerade Linie Om hin und zurück, nicht in 500 Tagen, wie er in der That thut, sondern für uns erst in 520 Tagen zurückzulegen scheinen wird.

Der umgekehrte Fall wird in der zweiten Hälfte BnA seiner Bahn eintreten. Wenn wir nämlich den Satelliten am 520sten Tage nach der ersten Beobachtung in dem entferntesten Punkte B seiner Bahn, oder wieder bei seinem Centralstern O erblicken, so wird er nach weiteren 250 Tagen zwar in der That genau den vierten Theil seiner Bahn zurückgelegt haben, aber für uns wird er in derselben Zeit einen größeren Bogen zu durchlaufen scheinen, weil nämlich das Licht, so wie der Satellit von B nach n vorrückt, immer einen kürzeren Weg, bis zu uns zu gelangen, haben, also auch immer eine kürzere Zeit dazu verwenden wird. Er wird uns daher wieder in 10 Tagen früher in n und 20 Tage früher in A erscheinen, als dieß geschehen würde, wenn entweder der

Digitized by Google

Durchmesser der Bahn viel kleiner, oder auch, wenn die Geschwindigkeit des Lichtes noch vielmal größer wäre, als sie in der That ist.

Wir werden also den Satelliten die erste Hälfte seiner Bahn in 520 und die zweite in 480 Tagen durchlaufen sehen. Die Summe beider Zahlen beträgt tausend Tage, oder die wahre Umlaufszeit des Satelliten, wie dieß seyn muß: weil diese von der Langsamkeit des Lichtes verursachten Ungleichheiten zu beiden Seiten der Gesichtslinie TB sich wieder aufheben. Jene beobachteten Hälften der Umlaufszeiten sind daher um 20 Tage, d. h. um eben so viel Tage verschieden, als das Licht braucht, um den Durchmesser AB der Bahn zu durchlaufen. Da aber das Licht, wie bekannt, in jedem Tage 3620 Millionen Meilen durchläuft, so beträgt die wahre Größe des Durchmessers dieser Bahn 72400 Mill. Meilen.

Wenn man aber einmal zu der Kenntniß der absoluten Größe des Halbmessers Om der Bahn eines Doppelsterns gekommen ist, so ist es sehr leicht, auch die Distanz OT des Centralsterns O von der Erde T zu finden. Zu diesem Zwecke braucht man nur, wenn anders der Durchmesser mn, in welchem der Satellit einhergegeben scheint, senkrecht auf die Gesichtslinie TO steht, den Winkel OTm zu messen, welchen die Distanz Om des Satelliten in seiner größten Entfernung von dem Centralkörper in dem Auge des Beobachters macht, und dann den bereits gefundenen Halbmesser Om durch den Sinus dieses Winkels zu dividiren, um sofort auch die gesuchte Distanz OT des Centralsterns zu erhalten. Ist dieser Winkel in unserem Beispiele gleich 10 Secunden, so erhält man sofort TS = 746880000 Millionen oder 747 Billionen Meilen, eine Distanz, welche das Licht erst in 566 Jahren zurücklegen würde.

In den meisten Fällen wird zwar die Bahn des Satelliten kein Kreis, sondern eine Ellipse seyn, und die zweite Axe dieser Ellipse wird nur selten nahe senkrecht auf die Gesichtslinie stehen. In solchen Fällen wird es nöthig seyn, die Lage dieser großen Axe gegen die Gesichtslinie auf dieselbe Art zu bestimmen, wie man bei den Planetenbahnen die Lage ihrer Axen bestimmt. Gesetzt, man hätte den Winkel der großen Axe mit der Gesichtslinie gleich 44° 26′ gefunden, so wird man nur die vorhin gefundene Entfernung von 747 Billionen Meilen durch den Sinus dieses Winkels multipliciren, um die wahre Distanz ST des Centralkörpers von der Erde zu finden, die hier 523 Billionen Meilen betragen würde.

§. 215. (Bahnbestimmung der Doppelsterne.) Zur vollständigen Kenntniß eines Sterns, dessen Bewegung um einen anderen man bereits erkannt hat, ist es nothwendig, die Elemente seiner Bahn (vergl. I. §. 142) aus den Beobachtungen zu bestimmen, ein Geschäft, das schon bei den Planeten und Kometen nicht leicht, hier aber mit so vielen Schwierigkeiten verbunden ist, daß man, ohne den Gebrauch mathematischer Formeln, keine weitere Anzeige davon geben kann. Um nämlich den Ort des Sternsatelliten am Himmel für jeden vorhergegangenen oder künftigen Augenblick zu bestimmen, muß man die sechs unterscheidenden Kennzeichen seiner Bahn, die wir die Elemente desselben nennen, aus den Beobachtungen abzuleiten wissen. Diese sind I. die große Axe seiner Ellipse, d. h. hier die Anzahl Secunden, unter welchen uns diese Axe erscheinen würde, wenn sie senkrecht auf der Gesichtslinie stünde; II. die Excentricität dieser Ellipse (I. §. 136); III. die Neigung der Ebene der Bahn und IV. die Länge der Knotenlinie (I. 117) derselben in der Ekliptik; V. die Lage des Periheliums oder der Winkel, welchen die große Axe der Bahn mit jener Knotenlinie bildet, und VI. die

Digitized by Google

Epoche, oder die Zeit, wann der Sternsatellit durch die große Axe seiner Bahn geht.

Eigentlich gibt es aber noch zwei andere Elemente, die bei der Bestimmung der Planetenbahnen als außerwesentlich wegfallen, die aber hier im Gegentheile die interessantesten, obschon auch zugleich diejenigen sind, deren Bestimmung den meisten Schwierigkeiten unterworfen ist. Diese Elemente sind: die Masse des Centralkörpers in Beziehung auf die Masse unserer Sonne und endlich die Entfernung dieses Centralkörpers von uns. Wir haben im Vorhergehenden (§. 213) eine Methode angezeigt, diese Entfernung zu finden, wenn uns die dazu nöthigen Mittel durch die Beobachtungen gegeben werden, was aber wahrscheinlich noch lange nicht geschehen wird.

Der erste, der dieses mit vielen Schwierigkeiten verbundene Geschäft einer Bahnbestimmung der Doppelsterne ausgeführt hat, ist der schon oben erwähnte Savary, der seine schöne Methode in der Connois. des temps für d. J. 1830 mitgetheilt und dieselbe auch sogleich auf den merkwürdigen Doppelstern ξ Ursae majoris mit viel Glück angewendet hat. Einen ähnlichen Versuch hat nach ihm Encke in seinem astron. Jahrbuche f. d. J. 1832 bekannt gemacht, und seine sehr eleganten Ausdrücke auf den Doppelstern 70 p Ophiuchi angewendet. Beide haben ihren Rechnungen nur eben so viele Distanzen Δ und Positionswinkel II aus den Beobachtungen zu Grunde gelegt, als zu ihrem Zwecke unmittelbar nöthig sind. Der jüngere Herschel hat dafür in dem fünften Bande der Mem. of the Astron. Society ein anderes, sinnreiches Verfahren gegeben, die Bahnen dieser Gestirne zu bestimmen, in welchen er die beobachteten Distanzen Δ als zu unverlässig völlig ausschließt, und dafür alle Positionswinkel, welche man bisher beobachtet hat, seiner Rechnung oder vielmehr seiner graphischen, durch Rechnung unterstützten Methode, zu Grunde legt. Sie scheint für den gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse dieser Himmelskörper die sicherste und anwendbarste zu seyn.

§. 216. (Elemente der vorzüglichsten Doppelsterne.) Die folgende Tafel enthält die merkwürdigsten Elemente derjenigen Doppelsterne, deren Bahnen uns bisher bekannt geworden sind. Die Folgezeit wird uns ohne Zweifel bald über mehrere dieser Bahnen belehren. Indeß können wir auch schon die Früchte der bisherigen Arbeiten der Astronomen als im höchsten Grade interessant ansehen, besonders wenn wir bedenken, daß sie diesem Gegenstande ihre Aufmerksamkeit erst seit 50, und ihren fortgesetzten Fleiß erst seit kaum 20 Jahren zugewendet haben.

	Umlaufszeit in Jahren.	Halbe große Axe in Sec.	Excentricität in Theilen der Halbaxe.	Neigung gegen die Projectionsebene in Graden.
γ Jungfrau	513.3	11.″8	0.887	68°
α Zwillinge oder Castor.	252.7	8.1	0.758	70
σ Krone.	286.6	3.7	0.611	41
ξ gr. Bär	60.7	3.3	0.376	56
70p Schlangenträger	80.3	4.4	0.467	48
61 Schwan	452.0	15.4	—	—
ζ Krebs	55.0	—	—	—
η Krone	43.0	—	—	—

Digitized by Google

§. 217. (Bemerkungen über einzelne Doppelsterne dieser Tafel.) Die in dieser Tabelle zusammengestellten Doppelsterne sind diejenigen, die wir unter den 6000 bisher beobachteten am besten kennen. Es wird daher nicht unangemessen seyn, ihnen noch einige Bemerkungen beizufügen.

Der erste dieser Sterne, oder γ Jungfrau, besteht aus zwei gleich großen Sternen, deren jeder nahe der dritten Größe ist. Schon Bradley, der berühmte Astronom der k. Sternwarte zu Greenwich bei London, hat ihn im Jahr 1718 und später auch T. Mayer in Göttingen im Jahr 1756 beobachtet. Zu der letzten Zeit betrug seine Distanz 7 Secunden, so daß man mit jedem guten Fernrohre seine Duplicität leicht erkennen konnte. Aber diese Distanz hat seitdem immer abgenommen, und jetzt ist sie so klein, kaum eine Secunde, daß man selbst mit sehr guten Fernröhren ihn nur mehr einfach, obgleich etwas länglich sieht. Im Jahre 1834 ging der Satellit durch sein Perihelium oder durch den seiner Centralsonne nächsten Punkt seiner Bahn. Merkwürdig ist die große Geschwindigkeit dieses Satelliten zur Zeit seines Perihe-liums, da er in fünf Tagen schon einen Grad, also in einem Jahre 65 Grade um seinen Centralkörper zurücklegt. Wenn er eine Billion Meilen von demselben entfernt ist, so geht er in einem Tage 3490 Millionen Meilen, während unsere Erde in jeder Secunde 4 Meilen, also in einem Tage nur 345600 Meilen zurücklegt, demnach gegen 10000 mal langsamer geht.

Castor, oder der westlichere der beiden Sterne, die unter dem Namen der Zwillinge bekannt sind, ist ein Doppelstern, dessen Distanz jetzt nahe fünf Secunden beträgt. Beide Sterne sind nahe gleich groß. Dieses Sternenpaar ist es, das den ältern Herschel, der dasselbe vorzüglich eifrig beobachtete, zuerst auf die Idee brachte, daß diese Gestirne zusammen gehören und abgesonderte Sonnensysteme bilden. Wir besitzen noch ältere Beobachtungen desselben, die Bradley im Jahr 1720 und Maskelyne im Jahr 1760 angestellt hat. Der jüngere Herschel hat die Bahn dieses Doppelsterns bestimmt und uns auch eine Ephemeride für die nächstfolgenden Jahre berechnet. Das erste Beispiel dieser Art, nach welchem man hat

Jahr	Positionswinkel	Distanz
. .	II	Δ
1836 . . .	254°.4 . . .	4."6
1845 . . .	244.1 . . .	3.8
1850 . . .	234.4 . . .	2.9
1855 . . .	195.5 . . .	0.9

Daraus folgt, daß wir gegen das Jahr 1860 wahrscheinlich die Bedeckung dieser beiden Sterne sehen werden, die wir bei γ Jungfrau eben jetzt beobachten. Im Jahre 1856 wird der Satellit Castors durch sein Perihelium gehen.

Man bemerke noch die sehr große Excentricität dieser beiden ersten Bahnen. In unserem Planetensystem hat die Junobahn die größte Excentricität, die aber doch nur den vierten Theil der halben großen Axe beträgt, während sie bei diesen Sternenbahnen 8 und 9 Zehntheile der Halbaxe ausmacht.

Der Doppelstern σ nördl. Krone ist der V. und VII. Größe; die Distanz Δ beträgt nur eine Secunde, daher er schwer zu messen ist. Die Excentricität seiner Bahn ist etwas über die Hälfte seiner großen Halbaxe. Im Jahre 1836 wird der Satellit durch sein Perihelium gehen.

Digitized by Google

Der Doppelstern ξ großer Bär ist in der untersten Spitze des hinteren rechten Fußes dieses Sternbildes, und er besteht aus zwei Sternen der V. und VI. Größe, die drei Secunden von einander abstehen. Die Winkelbewegung des Satelliten ist ungemein schnell. Seit dem Jahre 1785 bis auf unsere Tage hat er schon über 300 Grade um seinen Centralstern zurückgelegt, so daß man seine Umlaufszeit schon sehr nahe kennt, wodurch die Berechnung seiner übrigen Elemente sehr erleichtert wird. Im Jahre 1817 ging der Satellit durch sein Perihelium. Die sehr kurze Umlaufszeit dieses Sternsatelliten ist merkwürdig, da sie noch 23 Jahre kürzer ist, als die des Planeten Uranus, welcher letzte 84 Jahre beträgt.

Der Doppelstern 70 p Schlangenträger besteht aus zwei Sternen der VII. und VIII. Größe, deren Distanz 4 Secunden beträgt. Die oben angegebenen Elemente werden wahrscheinlich noch einiger Correctionen bedurfen, da die bisherigen Beobachtungen nicht geeignet sind, die Bahn mit Genauigkeit zu bestimmen.

Von dem merkwürdigen Sternenpaar 61 Schwan, nach Flamstead's Verzeichniß so genannt, ist für das Jahr 1834 die Rectascension 314° 51'.7 und die Poldistanz 52° 3'.6. Er steht daher nahe südöstlich bei dem südlichen Fuß des Schwans in der Nachbarschaft der Milchstraße. Die Rectascension nimmt jährlich um 39''.9 zu und die Poldistanz um 17''.4 ab. Von diesen Veränderungen gehört ein Theil der Präcession (I. Kap. XII.), die allen Sternen gemein ist. Diese beträgt für ihn 31''.9 in Rectascension und 14''.0 in Poldistanz. Also ist die eigene Bewegung dieses Sterns in Rectascension 5''.0 und in Poldistanz 3''.4, größer, als sie noch bei irgend einem Fixsterne gefunden wurde. Während also der Satellit sich um seinen Centralkörper bewegt, gehen beide Sonnen zugleich unter den anderen Sternen des Himmels fort. Diese beiden merkwürdigen Sterne sind der VI. und VII. Größe, und ihre Distanz ist 15 Secunden. Obschon wir eine ältere Beobachtung derselben von Bradley aus dem Jahre 1753 haben, so sind doch die Elemente der Bahn noch nicht mit hinlänglicher Genauigkeit bestimmt worden.

Der Doppelstern ζ Krebs besteht aus zwei Sternen der V. und VI. Größe, deren Distanz 6 Secunden beträgt. Die Bahn scheint nahe kreisförmig mit einer Umlaufszeit von 55 Jahren zu seyn.

Der Doppelstern η nördl. Krone endlich besteht aus zwei Sternen der V. und VI. Größe mit der sehr kleinen Distanz von kaum einer Secunde. Auch die Bahn dieses Sterns scheint sehr nahe kreisförmig zu seyn, und die große Axe senkrecht auf der Gesichtslinie zu stehen.

Noch erwähnen wir hier des Doppelgestirns ξ Bootes (Größe V. und VIII. mit der Distanz von 9 Secunden), dessen Bahn unter allen bisher bekannten am schiefsten gegen uns liegt, daher wir sie nur als eine gerade Linie sehen. Die Umlaufszeit beträgt nahe 117 Jahre.

§. 218. (Das allgemeine Gesetz der Schwere wird auch von den Doppelsternen befolgt.) Es läßt sich mit geometrischer Schärfe beweisen, daß wenn ein Körper um einen andern in einer Ellipse einhergeht, in deren einem Brennpunkte der andere Körper liegt, die Anziehungskraft des letzteren sich, wie verkehrt das Quadrat der Entfernung des angezogenen Körpers von dem anziehenden verhält. Dieß ist, wie die Beobachtungen zeigen, der Fall bei allen Planeten und Satelliten unseres Sonnensystems, woraus wir den Schluß gezogen haben, daß die Sonne auf die Planeten, und daß diese Planeten auf ihre Satelliten nach diesem von Newton entdeckten Gesetze der allgemeinen Schwere wirken. Allein dasselbe ist auch, wie wir so eben gesehen haben, der Fall bei den

Digitized by Google

Doppelsternen, die ebenfalls in Ellipsen sich um ihren Centralkörper bewegen, welcher letzte immer den einen Brennpunkt dieser Ellipse einnimmt. Wir werden daher berechtigt seyn, anzunehmen, daß dasselbe Gesetz, welches alle Bewegungen unseres Planetensystems regelt, auch jenseits der Gränze dieses Systems statt habe, und daß es daher wahrscheinlich das allgemeine Gesetz der ganzen Natur ist.

§. 219. (Farben der Doppelsterne.) Noch haben wir einer Eigenthümlichkeit dieser Sternenpaare zu erwähnen, die selbst für den bloßen Anblick derselben zu auffallend ist, als daß sie hier übergangen werden dürfte.

Unter den einfachen Sternen des Himmels sieht man gewöhnlich nur solche, die in einem weißen Lichte glänzen, das mehr oder weniger der gelben Farbe sich nähert und nur selten in das Röthliche übergeht. Unter den letzten oder den rothen Sternen zählten die Alten schon den Arctur, Aldebaran, Pollux, Antares und α Orion auf, die uns auch jetzt noch in derselben Farbe erscheinen. Aber auch Sirius wird von ihnen als röthlich beschrieben, da er uns im Gegentheile durch seine blendend weiße Farbe auffällt.

Allein blaue oder grüne Sterne hat man, unter den einfachen Fixsternen, bisher nicht gekannt. Alle Farben derselben sind, wenn sie nicht weiß sind, von dem untern Ende des bekannten Sonnenspectrums genommen, wo die rothe und besonders die gelbe Farbe vorherrscht, keine aber von dem obern Ende, wo die blaue und grüne Farbe überwiegt.

Nicht so ist es bei den Doppelsternen. Bei diesen hat gewöhnlich der größere oder der Centralstern eine weiße Farbe, die aber auch sehr oft ins Gelbe, seltener jedoch ins Rothe fällt, ganz wie bei den einfachen Sternen, während im Gegentheile der ihn begleitende Satellit in den allermeisten Fällen blau oder grün ist. Doch gibt es auch andere, obgleich seltenere Fälle, wo der große weiß oder gelb und der kleine roth, oder wo der große orange und der kleine grün, oder wo auch beide zugleich blau sind, und nicht selten erscheinen diese Farben so ausgesprochen und lebhaft, daß sie schon auf den ersten flüchtigen Anblick derselben auffallend hervortreten.

§. 220. (Complementäre Farben.) Jedermann kennt das Sonnenspectrum (oben §. 7) oder das längliche Farbenbild, das man erhält, wenn man durch eine enge Oeffnung eines verschlossenen Zimmers die Sonnenstrahlen eintreten läßt, und sie, nachdem man sie durch ein Glasprisma geleitet hat, auf einer der Oeffnung gegenüberstehenden Tafel auffängt. In diesem Spectrum unterscheidet man gewöhnlich sieben Farben, obschon es angemessener wäre, deren nur sechs zu bezeichnen, von welchen die eine in die andere durch allmählige Abstufungen übergeht. Der unterste Theil desselben ist nämlich roth, und dann folgen aufsteigend die orange, gelbe, grüne, blaue, indigo und violete Farbe. Die beiden letzten sollte man unter der gemeinschaftlichen Benennung „violet" zusammenfassen, da sie doch beide nur Abstufungen der in das Rothe spielenden blauen Farbe sind. Newton, der zuerst sieben Hauptfarben annahm, scheint diese Zahl einer kleinen Schwärmerei zu Liebe vorgezogen zu haben, indem er sie mit den sieben Tönen der Octave, mit den sieben Planeten, und mit andern mystischen Eigenschaften dieser für heilig gehaltenen Zahl in Verbindung bringen wollte.

Von diesen sechs Farben, roth, orange, gelb, grün, blau und violet, nennt man nun die drei: roth, gelb und blau, primäre — und die drei anderen: orange, grün und violet secundäre Farben. Jene heißen

Digitized by Google

primär, weil man aus ihnen durch Mischung alle andern Farben erzeugen kann.

Theilt man nun die Peripherie eines Kreises in sechs gleiche Theile, und nennt den ersten Theil roth, den zweiten angränzenden orange, den dritten gelb, dann grün, blau und violet, so liegt in der so bezeichneten Figur jeder primären Farbe diejenige secundäre gegenüber, die aus der Mischung der beiden anderen primären Farben entsteht. So liegt z. B. der primären rothen Farbe die secundäre grüne gegenüber, und die grüne Farbe entsteht, wie allgemein bekannt, aus der Mischung der beiden primären Farben gelb und blau. Man nennt aber diese den drei primären Farben gegenüberstehenden secundären Farben die complementären von jenen primären Farben. So ist also

grün die complem. Farbe von roth,
violet „ „ „ „ gelb, und
orange „ „ „ „ blau.

Man will bemerkt haben, daß je zwei complementäre Farben einen gefälligern Eindruck auf das Auge machen, als z. B. grün und gelb, etwa wie zwei um eine Terze oder Octave entfernte Töne den Ohren angenehmer sind, als andere. Auch sollen die complementären Farben entgegengesetzte chemische Eigenschaften besitzen, indem die einen eine oxydirende und die andern eine desoxydirende Kraft auf die Körper äußern.

Wie es aber auch mit diesen und andern Eigenschaften der complementären Farben beschaffen seyn mag, so wollen wir hier nur einer andern Eigenthümlichkeit derselben erwähnen, die bereits durch Beobachtungen constatirt ist und ganz besonders zu unserem gegenwärtigen Zwecke gehört.

Wenn man nämlich einer schwach erleuchteten weißen Fläche ein von den drei primären Farben stark gefärbtes, intensives Licht nahe bringt, so erscheint diese weiße Fläche sogleich in der complementären Farbe jenes primären Lichtes. Wird z. B. einem matt erleuchteten weißen Papier ein starkes rothes Licht genähert, so erscheint das Papier nicht roth, sondern grün; und war jenes Licht gelb, so erscheint das Papier violet; war endlich jenes Licht blau, so wird das Papier orangefarb erscheinen. Aus dieser Ursache erblickt man eine weiße Wand voll violeter Flecken, wenn man kurz zuvor das Auge gegen die Sonne gerichtet hat, oder man sieht diese Wand grün oder orange, wenn man kurz zuvor eine rothe oder eine blaue Fläche durch längere Zeit angesehen hat.

§. 221. (Sind die Farben der Doppelsterne aus diesem Grunde zu erklären) Man hat die Meinung geäußert, daß die zwei Farben, in welchen man gewöhnlich die Doppelsterne sieht, aus diesen complementären Farben zu erklären seyen, und daß daher diese Farben der Sterne nicht reel, sondern nur optische Illusionen unsers Sehorgans sind. Der kleine Stern hat gewöhnlich nur ein schwaches Licht im Verhältnisse zu den größern. Wenn also jener auch an sich selbst von weißer Farbe ist, so wird er uns doch violet oder bläulich erscheinen, sobald er einem großen und intensiven gelben Sterne, oder grünlich, falls er einem großen rothen Sterne nahe steht. Beispiele für eine solche Zusammenstellung gibt es genug. So ist bei α Herkules und η Cassiopeia der große roth und der kleine grün; bei ζ Orion, ι Cancer, β Cygnus, ⊿ Centaurus der große gelb und der kleine blau u. s. w.

Allein auch an zahlreichen Ausnahmen von dieser sogenannten Regel fehlt es nicht. So findet man sehr oft einen kleinen blauen Stern neben dem großen weißen, wie in λ Aries, ε Perseus, β Orion, δ Ge-

Digitized by Google

mini, α Leo, α Serpens u. s. Da hier weder roth noch gelb ist, woher soll die complementäre blaue Farbe kommen? — Bei andern Doppelsternen sind sogar beide blau, wie bei δ Serpens, ν Draco, 28 und 59 Andromeda u. s. Bei γ Andromeda ist der große orange und der kleine smaragdgrün; bei δ Orion ist der große weiß und der kleine purpurroth; bei ε Einhorn ist der große gelb und der kleine blutroth; bei κ im südlichen Schiffe Argo ist umgekehrt der große blau und der kleine dunkelroth; auch findet man mehrere Doppelsterne, wo beide tief gelb, oder beide stark roth sind u. s. w.

Alle diese und viele andere Beispiele zeigen deutlich, daß die vorhergehende Muthmaßung nicht gegründet ist, und daß wenigstens bei sehr vielen, wo nicht bei den meisten Doppelsternen, dieser Unterschied der Farben keine optische Täuschung, sondern eine diesen Sternen selbst zukommende Eigenthümlichkeit ist.

Auch gibt es ein einfaches Mittel, sich von dieser Eigenthümlichkeit der Farben der Doppelsterne zu überzeugen. Man darf nur den größeren im Brennpunkte des Fernrohrs mit einem daselbst ausgespannten dicken Faden bedecken und zusehen, ob dann der kleine, wenn er auf diese Weise allein im Fernrohr erscheint, noch immer seine frühere blaue oder grüne Farbe behält. Dieß ist in der That der Fall mit den Beobachtungen, die man bisher darüber angestellt hat, zum Beweise daß diese blaue oder grüne Farbe den kleineren Sternen eigenthümlich ist. Indeß behauptet der jüngere Herschel, der doch so viele Erfahrungen über die Doppelgestirne gesammelt hat, daß ihm durchaus noch kein Fall vorgekommen sey, wo der eine der beiden Doppelsterne grün oder blau erschienen wäre, wenn er nicht zugleich sehr nahe bei einem größeren rothen oder gelben Sterne stand, so daß also jene Farbe des kleinen Sterns allerdings aus der complementären Farbe erklärt werden könnte. Ihm erscheinen, wie er versichert, alle Sterne weiß, deren Farbe sich nicht gegen gelb oder roth neigt, vorausgesetzt, daß keine Lampe in der Nähe des Beobachters ist. Nach seiner Behauptung sind alle Farben der Sterne nur aus dem unteren Ende des Spectrums genommen, wo das rothe und gelbe Licht ist, und durchaus keine von dem oberen Ende, wo die blaue und grüne Farbe vorherrscht. Da aber andere Beobachter diese blaue und grüne Farbe so oft schon gesehen haben, so glaubt er den Grund davon in der grünlichen Farbe des Kronglases zu finden, die man bei den achromatischen Fernröhren der Engländer so oft antrifft. Allein die neueren Fernröhre von Fraunhofer haben diese grüne Färbung ihrer Objectivgläser nicht. Vielleicht daß umgekehrt die Abwesenheit der blauen und grünen Farbe bei Herschel's Teleskopen in den Metallspiegeln derselben zu suchen ist, die bekanntlich, der höhern Politur wegen, viel Kupfer enthalten, welches den rothen und gelben Lichtstrahlen ein Uebergewicht geben und die blauen und grünen Farben beträchtlich schwächen mag. Wir wollen die Entscheidung dieses Gegenstandes unsern Nachkommen überlassen, da uns noch die zweckmäßigen Beobachtungen dazu fehlen. Es ist möglich und selbst sehr wahrscheinlich, daß sie durch diese Untersuchungen auf sehr interessante Resultate geführt werden können, wenn anders der Gegenstand nicht auch für sie noch mit zu großen Schwierigkeiten verbunden seyn wird, um ihn ins Reine zu bringen.

§. 222. (Doppelsterne als Prüfungsmittel der Fernröhre.) Wenn man mit zwei oder mehreren Fernröhren denselben irdischen Gegenstand, z. B. eine entfernte Thurmspitze, beobachtet, so sieht man oft an, zu sagen, mit welchem von diesen Fernröhren man besser sieht. Sicherer ist es schon, zu diesem Zwecke ein gedrucktes Blatt in einiger Entfernung vor

Digitized by Google

den Fernröhren aufzustellen, und für jedes Fernrohr das Blatt so lange zu entfernen, bis man dasselbe nicht mehr deutlich lesen kann. Die Astronomen aber, die schon gewohnt sind, die Gegenstände des Himmels auch zu diesem Zwecke anzuwenden, pflegen die Güte ihrer Fernröhre dadurch anzugeben, daß sie sagen, dasselbe zeige die Phasen der Venus, die Streifen Jupiters, den Schatten des Saturnringes u. dgl. sehr deutlich. Allein man sieht, wie viel dabei noch Unbestimmtes zurückbleibt, und daß solche Aussagen keine Basis zu einer eigentlichen Classification der Fernröhre abgeben können.

Anders verhält sich dieß mit den Doppelsternen. Da es sich bei der Untersuchung der Güte eines Fernrohres vorzüglich darum handelt, ob die Strahlen, die von irgend einem Punkte eines Gegenstandes außer ihm kommen, durch das Objectiv wieder genau in einen einzigen Punkt vereiniget werden, oder mit andern Worten, ob die Bilder, welche die Fernröhre von den Gegenständen machen, ganz rein und vollkommen deutlich sind, worin eben der Hauptvorzug eines jeden guten Fernrohrs besteht, so werden die Doppelsterne ein ganz vorzügliches Mittel seyn, das Daseyn oder den Mangel dieses Vorzugs zu beweisen. Es ist bereits oben gesagt worden, daß die Fixsterne alle, in guten Fernröhren, nur als eben so viele untheilbare Punkte, ohne allen merklichen Durchmesser, erscheinen. Zwar sieht man sie öfter als Scheibchen von beträchtlicher Dimension, die nicht einmal immer ganz rund und noch überdieß mit Strahlen versehen sind. Aber eben diese Erscheinungen sind nur eben so viele Fehler des Fernrohres, von welchen übrigens auch ein Theil in der Aberration des Auges liegen mag. Ein gesundes Auge soll durch ein vollkommen gebautes Fernrohr alle Sterne, auch die hellsten, als reine Punkte zeigen, und überhaupt alle von jedem einzelnen Punkte eines Gegenstandes kommende Strahlen, nach der Brechung derselben, genau wieder in einen einzigen scharfen Punkt vereinigen. Die Doppelsterne sind solche Gegenstände, die nur aus zwei Punkten bestehen, die überdieß hellglänzend auf dem dunklen Hintergrunde des Himmels stehen, und die daher ganz besonders geeignet sind, zu entscheiden, ob diese beiden Punkte sich auch in ihrem Bilde, in dem Fernrohre, wieder genau als solche zeigen. Wenn die beiden Sterne sehr hell und z. B. beide wenigstens zu der I. bis V. Größe gehören, und wenn sie überdieß sehr nahe bei einander stehen, wie Castor, γ Jungfrau, ξ großer Bär, so wird eine sehr große Reinheit des Bildes nöthig seyn, um diese zwei hellen Punkte auf ihrem dunklen Grunde scharf abgesondert und in ihren nächsten Gränzen nicht verwaschen oder in einander laufend zu sehen; und im Gegentheile, wenn beide Sterne oder auch nur der eine derselben sehr klein ist, so wird eine große raumdurchdringende Kraft des Fernrohrs, wie sie Herschel zu nennen pflegte, erforderlich seyn, um so feine und lichtschwache Punkte, selbst wenn sie einzeln am Himmel stünden, überhaupt noch sehen zu können, so daß also durch die Doppelsterne sowohl die Kraft, als auch die Richtigkeit der Construction des Fernrohrs sehr vortheilhaft und sicher untersucht werden kann, und daß man dadurch gleichsam ein bestimmtes Maaß erhält, nach welchem man diese Instrumente unter sich vergleichen kann.

Zu diesem Zwecke folgen hier einige dieser Doppelsterne, die sowohl für schwächere, als auch für stärkere Fernröhre als Prüfungsmittel gebraucht werden können.

I. Sehr leicht und schon durch gewöhnliche achromatische Fernröhre von etwa zwei Fuß Focallänge und zwei Zoll Oeffnung lassen sich die folgenden Doppelsterne erkennen:

Digitized by Google

ζ Ursae majoris, Distanz $\Delta = 14''$ und scheinbare Größe III. u. IV.
γ Andromedae, $\Delta = 11''$, Größe III. V.
Θ Serpentis, $\Delta = 22''$, Größe IV. IV.
κ Herculis, $\Delta = 31''$, Größe V. VI.
ζ Lyrae, $\Delta = 44''$, Größe III. IV.

II. Schon stärkere Fernröhre, etwa von 4 Fuß Brennweite und 3 oder $3\frac{1}{2}$ Zoll Oeffnung erfordern die folgenden:

Castor, $\Delta = 5''$, Größe III. IV.
π Bootis, $\Delta = 7''$, Größe V. VI.
ι Trianguli, $\Delta = 4''$, Größe V. VI.
ζ Cancri, $\Delta = 6''$, Größe V. VI.
ω Piscium, $\Delta = 6''$, Größe VII. VII.
α Ursae minoris, oder der Polarstern, $\Delta = 19''$, Größe II. XI., ist bloß deßhalb schwerer zu sehen, weil der Satellit so klein ist.

III. Fernröhre der besten Art werden für die folgenden Doppelsterne erfordert:

γ Virginis, $\Delta = 3''$, Größe III. III.
η Herculis, $\Delta = 2''$, Größe IV. VIII.
ε Bootis, $\Delta = 2''$, Größe VI. VI.
ω^2 Leonis, $\Delta = 1''$, Größe VI. VII.
β Orionis (Rigel), $\Delta = 9''$, Größe I. und X.
η Pleiadum (Atlas), $\Delta = 1''$, Größe V. und XII.
η Coronae, $\Delta = 1''$, Größe V. VI.
γ Coronae, $\Delta = 2''$, Größe IV. VII.
σ Coronae, $\Delta = 1''$, Größe V. VII.

IV. Als vorzüglich feine und nur durch ausgezeichnete Fernröhre erkennbare Doppelsterne können die zwei folgenden gelten:

Bei β Capricorni (AR = 20″ 11′, Pold. = 105° 19′), $\Delta = 3''$, Größe XVII. XVIII.
Bei β Equulei (AR = 21″ 14′, Pold. = 83° 54′), $\Delta = 2''$, Größe XIV. XV.

Bei dem letzten dieser Doppelsterne ist der Begleiter selbst wieder doppelt. Ein Fernrohr, welches die zwei letzten Doppelsterne deutlich zeigt, ist zu den schwierigsten Untersuchungen geeignet, und kein Fernrohr soll, nach Herschel's Meinung, die Satelliten des Uranus zeigen, wenn es diese Prüfung nicht besteht. So viel mir bekannt, sind diese beiden Doppelsterne nur durch Herschel's zwanzigfüßige Spiegeltelescope gesehen worden. Fraunhofer gab den Refractoren den Vorzug vor den Reflectoren unter sonst gleichen Verhältnissen, weil, nach seiner Aeußerung, die Spiegel viel mehr Licht absorbiren sollen, als bei dem Durchgange der Strahlen durch das Objectiv eines achromatischen Fernrohres verloren geht. Herschel aber ist der entgegengesetzten Ansicht, da nach ihm die Metallspiegel nur den dritten Theil des auf sie fallenden Lichtes absorbiren. Nach dem letztern sind unsere Refractoren den Spiegeltelescopen erst dann gleich zu achten, wenn die Oeffnung der ersten gleich dem achtzehnten Theile der Oeffnung der Spiegel bei den zweiten ist, so daß z. B. seinem 20füßigen Reflector mit einem Spiegel von 18 Zoll im Durchmesser, ein Refractor erst dann gleichgesetzt werden könnte, wenn die Oeffnung oder der Durchmesser der Objectivlinse des letztern $15\frac{3}{10}$ Zolle oder nahe $1\frac{3}{10}$ Fuß beträgt, eine Größe, die noch keines unserer Objective erreicht hat. Der größte Refractor, den wir näher kennen, ist der, den Fraunhofer für die Sternwarte in Dorpat verfertiget hat. Er hat, so wie der von demselben Künstler nach Berlin gebrachte, 9 Par.

Digitized by Google

Zoll Oeffnung und 13 1/3 Fuß Focallänge. Die dabei angebrachten Vergrößerungen gehen bis 600 mit einem Durchmesser des Gesichtsfeldes von 2 1/10 Minuten. Von den Herschel'schen Reflectoren hat das von 20 Fuß Focallänge, mit welchem er seine meisten Entdeckungen gemacht hat, einen Spiegel von 18 Zoll im Durchmesser; das von 25 Fuß Focallänge hat einen Spiegel von 24 Zoll Oeffnung, und das größte, welches Herschel verfertigte, das aber, da der Spiegel desselben bald matt wurde, nicht lange gebraucht wurde, hat 40 Fuß Focallänge mit einem Spiegel von 48 Zoll oder 4 Fuß Oeffnung. Bei dem zwanzigfüßigen konnte er die Vergrößerung bis 2000 und bei dem vierzigfüßigen bis 7000 treiben, ohne das Instrument zu überladen.

§. 223. (Planeten der Doppelsterne.) Da die Doppelsterne ohne Zweifel unserer Sonne ähnliche Körper sind, so kann man nicht wohl zweifeln, daß auch sie mehreren Planeten und Kometen, die sich um diese Sonnen bewegen, Licht und Wärme geben werden. Es kann nicht unsere Absicht seyn, die Leser mit der näheren Beschaffenheit dieser secundären Himmelskörper bekannt zu machen. Da sie wahrscheinlich ihr Licht nur von ihren beiden Sonnen erhalten, so werden sie uns, ihrer großen Entfernung wegen, wohl immer unbekannt bleiben. Indessen sey es uns doch erlaubt, einige Muthmaßungen über die Bahnen dieser Planeten der Doppelsterne vorzutragen, die ohne Zweifel von den Bahnen unserer Planeten und Kometen sehr verschieden seyn werden.

Diese letzten bewegen sich nämlich nur um einen einzigen Centralkörper, die Sonne, und da sie von dieser nach dem von Newton entdeckten Gesetze angezogen werden, so können sie nur, wie sich durch Rechnung mit der größten Evidenz zeigen läßt, entweder Ellipsen oder Hyperbeln beschreiben; der Kreis und die Parabel sind zwar auch möglich, aber unendlich weniger wahrscheinlich, als jene beiden, an sich sehr einfachen, krummen Linien.

Allein viel verwickelter werden diese Bahnen, wenn die Planeten von zwei Sonnen, deren übrigens jede nach demselben Newton'schen Gesetze wirkt, angezogen werden. Wenn man auch die unzähligen Fälle unbeachtet läßt, wo diese Bahnen förmliche Schraubenlinien oder Spiralen werden, deren kein Theil mit dem nächstfolgenden in derselben Ebene liegt, so gibt es doch noch immer unendlich viele andere krumme Linien, deren jede ganz in derselben Ebene liegt, und die doch unter einander völlig verschieden und oft auf das Sonderbarste gestaltet sind.

Euler und nach ihm Legendre haben einige der hier Statt habenden Fälle näher untersucht, und sehr überraschende Resultate gefunden, von welchen wir hier nur einige der vorzüglichsten kurz anführen wollen.

Wenn die Massen der beiden Sonnen gleich groß sind, so beschreibt der Planet eine Ellipse, in deren Brennpunkten jene zwei Sonnen liegen, aber zwar so, daß die Geschwindigkeiten des Planeten in den beiden Endpunkten der großen Axe dieser Ellipse gleich groß und daß auch die Zeiten durch die vier Quadranten, d. h. von dem Endpunkte der einen bis zu dem der andern Axe der Ellipse, von gleicher Größe sind.

Wenn die Massen der beiden Sonnen gleich groß sind, aber die erste S' eine anziehende und die andere S'' eine eben so große abstoßende Kraft hat, so beschreibt der Planet wieder eine Ellipse, aber nur die eine Hälfte derselben. Ist nämlich AmBn (Fig. 60) diese Ellipse, sind mn und AB die große und kleine Axe derselben, und liegt die abstoßende Sonne S' auf der Seite von n, so wird der Planet von m, wo er seine größte Geschwindigkeit hat, nach dem Punkte A gehen, während seine Geschwindigkeit immer abnimmt, bis sie in dem Punkte A gänzlich verschwindet. Von da geht der Planet nicht in derselben Richtung nach n'

Digitized by Google

weiter, sondern wieder zurück durch denselben Bogen Am, in welchem er gekommen ist. Wenn er so in m mit seiner größten Geschwindigkeit ankömmt, so geht er von da weiter bis an den Endpunkt B seiner kleinen Axe, wo seine Geschwindigkeit wieder verschwindet. Von dem Punkte B geht er dann wieder durch den Bogen BmA zurück, um, wenn er in A ankömmt, seine vorige Bewegung durch den Bogen AmB zu wiederholen, in welchem er also, gleich einem Pendel, seine Schwingungen auf- und abwärts immerwährend fortsetzt, ohne je in die übrige Hälfte AnB seiner Ellipse zu kommen.

Unter bestimmten andern Verhältnissen der anziehenden Kräfte der beiden Sonnen, in Verbindung mit der Wurfkraft, welche der Planet bei seiner Entstehung erhalten hat, wird er zwar wieder eine Ellipse, aber eine veränderliche Ellipse beschreiben. Wenn er z. B. von dem Punkte A (Fig. 61) der großen Axe A'' B'' ausgeht, so wird er den Bogen ADB beschreiben, aber dann auf der andern Seite von A'' B'' einen solchen Weg nehmen, daß er, am Ende seiner ersten Revolution die Linie A'' B'' nicht mehr in A, sondern in dem Punkte A' schneidet; von da geht er durch den Bogen A'D'B' und unter der Linie A'' B'' in einem neuen Bogen auf eine solche Art weiter, daß er jetzt, am Ende der zweiten Revolution, jene Linie in dem Punkte A'' schneidet. Von dem Punkte A'' geht er nun durch den Bogen A''D''B'' und durch den ihm entsprechenden unteren Bogen so, daß er, am Ende der dritten Revolution wieder nach A', und am Ende der vierten Revolution endlich wieder nach dem Punkt A gelangt, von welchem er ausgegangen ist. — In andern besondern Fällen gelangt er erst nach fünf, sechs oder mehr Revolutionen zu seinem Anfangspunkte, oder er durchschneidet in den auf einander folgenden Revolutionen die Linie AA'' und BB'' allmählig in allen auf einander folgenden Punkten derselben, so daß die Bahn desselben immer zwischen den beiden Gränzellipsen ADB und A''D''B'' enthalten ist, zwischen welchen die wahre Bahn des Planeten allmählig gleichsam anschwillt und sich dann wieder zusammen zieht.

Wieder in andern Fällen wird eine Art von in sich selbst zurückkehrender Doppellinie beschrieben, wie man Fig. 62 sieht. Hier geht der Planet von dem Punkte A seiner großen Axe aus durch den Halbkreis AaB der kleinen ellipsenartigen Linie; in B tritt er in die große Ellipse BCD; in D hat er die Hälfte seiner Revolution zurückgelegt und geht dann durch den Bogen DEBbA wieder zu seinem Anfangspunkt A zurück.

Noch zusammengesetzter erscheint die Planetenbahn in Fig. 63, wo drei Ellipsen unter einander verschlungen sind, in welchen der Planet nach der Ordnung der Zahlen 1, 2, 3 . . . 13, 14 wieder zu seinem Anfangspunkt 1 fortschreitet. Wenn er zum zweitenmal in den Punkt 3 der großen Axe kömmt, hat er die erste Hälfte seiner Revolution geendet, daher dieser Punkt als der Mittelpunkt der ganzen Bahn betrachtet werden kann, einer Bahn, die vier sogenannte Knoten in dem Punkte 1, 3, und zwischen den Punkten 7, 8, und 13, 14, hat u. s. w.

So mannigfaltig sind also die Bahnen der Planeten der Doppelsterne, selbst wenn man nur diejenigen betrachtet, die, wie unsere Planetenbahnen, ganz in einer einzigen Ebene liegen, und wenn man die Attraction der beiden Sonnen dem Gesetze der allgemeinen Schwere gemäß voraussetzt. Man sieht ohne meine Erinnerung, daß ohne diese doppelte Beschränkung die Anzahl und die Complication dieser krummen Linien noch ungleich größer seyn, und daß es unserer mathematischen Analysis, so vollkommen diese auch seyn mag, ganz unmöglich fallen würde, diese äußerst zusammengesetzten Bewegungen auch nur annähernd zu bestimmen.

Digitized by Google

§. 224. (Anblick des Himmels von diesen Planeten.) Wir haben bereits oben gesehen, welchen sonderbaren Anblick der Himmel von der Oberfläche des Mondes oder der Satelliten Jupiters und Saturns gewährt. Noch viel auffallender werden aber die Erscheinungen seyn, welche derselbe den Bewohnern der Planeten der Doppelsterne darbietet. Die mannigfaltig verwickelten und in einander geschlungenen Bahnen dieser Planeten, die wir so eben betrachtet haben, werden die Bewohner derselben, welche diese Bahnen von immer geändertem Standpunkte aus betrachten, über die wahre Beschaffenheit derselben wahrscheinlich noch viel ungewisser machen, als wir selbst über die Bahnen unserer Planeten Jahrtausende hindurch gewesen sind, bis es endlich dem Scharfsinne zweier seltener Männer, Copernicus und Kepler, gelungen ist, uns dieselben näher kennen zu lehren. Denken wir uns noch dazu die Satelliten, die Ringe dieser Planeten und ein ganzes Heer von Kometen, welche sie nach jeder Richtung umschwärmen, alle in einen verhältnißmäßig sehr kleinen Raum zusammengedrängt, — so wird es schwer, sich von diesem Schauspiele eine nur einigermaßen getreue Vorstellung zu machen. Welchen Eindruck auf unser Auge, welche Veränderungen in der ganzen uns umgebenden Natur würde überdieß eine rothe, eine grüne oder eine blaue Sonne erzeugen! — Wenn auch nur unser eigenes Sonnenlicht bloß aus weißen Strahlen bestünde, die sich nicht in einzelne gefärbte Strahlen zerlegen ließen: wie ganz anders würde uns die ganze Welt erscheinen. Wir haben bereits oben (II. §. 7) Gelegenheit gehabt, die Wirkungen der gefärbten Sonnenstrahlen auf die Körper der Natur näher anzugeben.

Wenn wir aber diese wunderbaren Farbenspiele der Natur schon unserer einzigen Sonne verdanken, — welch' ein ganz anderes Schauspiel mögen in jenen Regionen zwei und mehrere Sonnen von verschiedenen Farben erzeugen. — Eine rothe Sonne erhebt sich dort über den Horizont des erstaunten Beobachters, und Erde und Himmel schwimmt in ihrem Purpurlichte. In wenig Stunden schon folgt ihr eine andere, eine blaue, eine grüne Sonne, und plötzlich ändert sich, mit ihrer Erscheinung, auch der Anblick der ganzen Natur. Neue Welten scheinen mit diesen neuen Sonnen vor uns aufzugehen; Erde und Himmel sehen wir in stetem Wechsel begriffen, und in Mitten aller dieser Verwandlungen würden wir die Welt, würden wir uns selbst nicht mehr erkennen. So lange die rothe Sonne scheint, wird unsere ganze Erde mit ihrem Rosenlichte übergossen seyn; wenn sie untergegangen ist, und die blaue oder grüne Sonne sich erhebt, wird wieder Alles, selbst die Wüste und das Meer, mit einem azurnen oder smaragdenen Teppiche überzogen; und wenn endlich beide Sonnen zugleich über dem Horizonte stehen, und die ganze Natur von zwei complementären Farben beleuchtet wird, so werden alle Gegenstände sofort ihr früheres buntes Kleid ablegen und in einer einförmigen, aschgrauen Farbe zu trauern scheinen. Nicht mehr würden wir, wie bisher, die Dinge um uns an ihren Farben erkennen, da jeder Gegenstand abwechselnd in allen Farben erscheinen muß, je nachdem er von dieser oder von jener Sonne, oder von beiden zugleich, beleuchtet wird. Der Himmel würde nicht mehr blau, die Wiese nicht mehr grün, der Schnee nicht mehr weiß seyn, sondern Alles würde, je nach der Tageszeit, in allen Farben spielen. Wie ganz anders mag die Optik dieser guten Leute, und wie die Farbengebung ihrer Maler beschaffen seyn! Ja selbst die Zeitrechnung derselben wird von der unseren verschieden seyn müssen, da sie nicht mehr nach Tagen und Jahren zählen können. Vielleicht rechnen sie nur nach rothen und grünen Zeiten, oder nach gelben und blauen Tagen; vielleicht — doch es ist besser,

Digitized by Google

der Imagination meiner Leser nicht weiter vorzugreifen und ihnen die Vollendung dieses Gemäldes selbst zu überlassen, was ihnen keine Mühe machen kann, da sie ihrer Einbildungskraft keine Zügel anzulegen brauchen, und da sie überdieß zu ihrem Bilde die Farben kaum zu lebhaft nehmen können.

§. 225. (Geschichte der Entdeckung der Doppelsterne.) Wenn das, was wir bisher über diese sonderbaren Gestirne mitgetheilt haben, in Beziehung auf den Reichthum, der in diesen Minen wahrscheinlich noch verborgen liegt, nur gering erscheint, so mag man bedenken, daß kaum ein halbes Jahrhundert verflossen ist, seitdem sich die Astronomen mit diesem Gegenstande zu beschäftigen angefangen haben. Wenn unsere Nachfolger in dem nächsten Jahrhunderte eben so fleißig und eben so vom Glücke begünstiget seyn werden, als ihre Vorgänger waren, so werden sie wahrscheinlich den gestirnten Himmel mit ganz anderen Augen betrachten, als es ihren Vorfahren möglich gewesen ist.

Es war i. J. 1778, daß der ältere Herschel (Sir William) zuerst auf die Doppelsterne aufmerksam wurde. Er hielt sie anfangs, wie schon oben erwähnt worden ist, für bloß optisch doppelte Sterne und wollte sie demnach zur Bestimmung der Entfernung derselben von der Erde benützen. Allein schon in den ersten Jahren erkannte er seinen Irrthum. Zwar fand er Bewegungen an diesen Doppelsternen, aber keine solchen, die mit der Theorie der Parallaxe (I. Kap. V.) übereinstimmten. Diese Bemerkung brachte ihn auf die Idee, daß jene Bewegungen der Doppelsterne von einer Verrückung der Sonne und unsers ganzen Sonnensystems kommen mögen, und er glaubte auch einige Zeit lang, jene Erscheinungen durch eine Bewegung des Sonnensystems erklären zu können, deren Weg jetzt gegen das Sternbild des Hercules hin gerichtet seyn sollte. Allein auch diese Idee wurde bald unrichtig gefunden. Statt weitern Hypothesen nachzuhängen, zog er es vor, seine Beobachtungen mit verdoppeltem Eifer fortzusetzen, und er lieferte i. J. 1782 und 1785 der k. Akademie in London bereits ein Verzeichniß von 702 solcher Sternenpaare, die er wiederholt beobachtet hatte.

Erst nach dem Jahre 1785, also mehr als sieben Jahre nach seinen ersten Arbeiten über diesen Gegenstand, versuchte er einmal zufällig, den Weg eines dieser Doppelsterne, seinen Beobachtungen gemäß, auf dem Papiere, in Gestalt einer kleinen Karte, zu verzeichnen, und war nicht wenig erstaunt, zu sehen, daß der eine dieser Sterne um den andern, wie ein Planet um die Sonne, sich bewege. Allein er wagte es nicht, seine Entdeckung bekannt zu machen, bis er sich von der Wahrheit derselben an mehreren andern Sternen überzeugt hatte. Erst i. J. 1801 nahm er diese Beobachtungen wieder mit neuem Eifer vor, und jetzt erst, 24 Jahre nach dem Anfange seiner Untersuchungen, stellte er, in zwei Abhandlungen (Philos. Transact. 1802 und 1804) die positive Behauptung auf, „daß es eigene Sternsysteme gebe, die aus zwei Fixsternen zusammen gesetzt sind, von welchen der eine sich in einer regelmäßigen Bahn um den andern bewege.“ Er führte in diesen beiden Memoiren gegen fünfzig Doppelsterne an, bei welchen diese Bewegung des einen um den andern durch die Beobachtungen außer Zweifel gesetzt wurde, ja er wagte es sogar schon, von einigen derselben die Umlaufszeit zu bestimmen.

Um das Jahr 1815 fing auch Struve in Dorpat an, sich mit diesem interessanten Gegenstande zu beschäftigen. Anfangs beobachtete er sie bloß mit seinem Mittagsrohre. Als aber später der große dreizehnfüßige Refractor Fraunhofer's in seine Hände kam (und er konnte nicht wohl

Digitized by Google

in bessere kommen), nahm er diese ganze Arbeit nach einem neuen, größeren Plane wieder vor und verfolgte denselben mit einem Eifer, der von dem schönsten Erfolge gekrönt wurde.

Beinahe um dieselbe Zeit begann der jüngere Herschel (John Fred. William), vereint mit John South, seine Beobachtungen der Doppelsterne. Sie machten dieselben meistens gemeinschaftlich an zwei Aequatorialen, deren Fernröhre 5 und 7 Fuß Brennweite und $3^{1}/_{4}$ und 5 Zoll Oeffnung hatten, wovon das letztere, von dem berühmten Optiker Tully verfertiget, selbst eine Vergrößerung von 600 noch sehr gut ertragen soll. Die ersten Resultate ihrer Arbeiten gaben sie in dem Werke: Observations of 380 double stars, London 1825, heraus. Seitdem haben beide diesen Gegenstand eifrig verfolgt, und Herschel besonders gab in den sechs ersten Bänden der k. astron. Gesellschaft in London mehrere sehr reiche und schätzbare Memoiren über diese Doppelsterne heraus. Erst vor Kurzem ist er nach dem Cap der guten Hoffnung gereist, um sich dort, unter anderen Gegenständen, auch mit der Beobachtung der Doppelsterne des südlichen Himmels zu beschäftigen, von welchen bereits früher Dunlop, Astronom in Port Jackson in Neuholland, Mehreres bekannt gemacht hat.

Auch Prof. Amici in Modena soll mit den von ihm selbst verfertigten Spiegeltelescopen mehrere Beobachtungen von Doppelsternen gemacht haben, die aber bisher noch nicht bekannt geworden sind. Bessel hat bei seinen Zonenbeobachtungen ebenfalls eine nicht geringe Anzahl von Doppelsternen durch seinen Meridiankreis gefunden und in seinen Sammlungen der Königsberger Beobachtungen bekannt gemacht. Auch ist er der erste, der bei Gelegenheit seiner Untersuchung des Doppelsterns 61 Schwan mit Bestimmtheit darauf aufmerksam gemacht hat, daß die Bewegungen dieser Gestirne nach dem von Newton entdeckten Gesetze der allgemeinen Schwere vor sich gehen. Savary, Encke und der jüngere Herschel entwarfen, wie bereits oben gesagt wurde, Methoden, die Elemente der Bahnen dieser Gestirne aus den Beobachtungen zu berechnen.

Noch muß hier der früheren Verdienste John Michel's erwähnt werden, der schon i. J. 1767 darauf aufmerksam machte, daß die Doppelsterne höchst wahrscheinlich nicht optisch, sondern physisch doppelt seyen. Er war davon bereits so überzeugt, daß er in seinem Memoire schon von der Möglichkeit der Bewegung eines dieser Sterne um den andern, von eigentlichen Sternsatelliten, spricht, die er daher der Aufmerksamkeit der Astronomen ganz besonders empfiehlt. Hätten diese zu den allerdings bloß theoretischen, aber darum nicht minder begründeten Speculationen des englischen Physikers mehr Vertrauen gehabt, so würden sie schon i. J. 1767 angefangen haben, sich mit diesem Gegenstande zu beschäftigen, und selbst der ältere Herschel würde sich seine früheren, unrichtigen Hypothesen erspart und sich der Wahrheit, die er durch volle vier und zwanzig Jahre suchen mußte, viel schneller genähert haben.

§. 226. (Veränderliche Sterne.) Ehe wir uns von den eigentlich sogenannten Sternen des Himmels trennen, um dann zu andern Weltkörpern überzugehen, wollen wir noch zweier merkwürdiger Arten von Fixsternen erwähnen, von welchen die einen schon in den ältesten Zeiten bekannt waren, während die andern mehr unseren Tagen angehören.

Diese letzten sind nämlich die sogenannten veränderlichen Sterne, deren Licht oder deren scheinbare Größe bestimmten periodischen Abwechslungen unterworfen ist. Die folgende kleine Tafel enthält die vorzüglichsten der bisher beobachteten veränderlichen Sterne. Die Rectascension und Poldistanz derselben gilt für das Jahr 1800; die Columne

Digitized by Google

Periode gibt die Anzahl der Tage, nach welchen der Stern wieder zu seinem größten oder kleinsten Lichte gelangt, und die zwei letzten Columnen endlich geben die scheinbaren Größen derselben zur Zeit ihres stärksten und schwächsten Lichtes. Die scheinbare Größe O zeigt an, daß der Stern zur Zeit seines kleinsten Lichtes ganz unsichtbar ist.

Namen der Sterne.	Rectascension.	Poldistanz.	Periode.	Lichtphasen	
				größte.	kleinste.
o Wallfisch	32° 19′	93° 53′	331.96 Tage	II	O
β Perseus	43 48	49 49	2.8673	II	IV
Löwe	144 12	77 39	311.4	V	XIII
Jungfrau	187 5	81 55	145.46	VI	O
Hydra	199 42	112 15	494	III	O
Schlange	218 4	74 57	353	VIII	O
Krone	235 5	61 13	335	VI	O
Schlange	235 22	74 15	340	V	O
α Hercules	256 23	76 23	60.5	III	IV
Sobiesk.Schild	279 12	94 54	60.6	V	VII
β Leyer	280 41	56 51	6.44	III	V
η Antinous	295 34	89 30	7.17	IV	V
Schwan	294 43	57 35	407.5	IV	O
δ Cepheus	335 26	32 36	5.36	III	IV
Wassermann	353 32	106 23	382.5	VI	O

Der erste dieser Sterne, o Wallfisch oder Mira ceti, wie ihn Hevelius der Erste genannt hat, zeigt unter allen Anderen die stärksten Lichtveränderungen, da er von einem Stern der IIten Größe bis zur gänzlichen Unsichtbarkeit abnimmt. Diese auffallende Erscheinung bemerkte zuerst David Fabricius i. J. 1596. In den neuesten Zeiten hat Prof. Wurm seinen Lichtwechsel durch Berechnung aller bisher gesammelten Beobachtungen am genauesten zu 331.96 Tagen bestimmt und auch eigene Tafeln für diese Lichtwechsel gegeben. Nach diesen Tafeln wird er im Jahre 1836 am 30sten März, i. J. 1837 am 4ten Februar, i. J. 1838 am 23sten Januar u. s. sein stärkstes Licht erreichen. Dabei ist noch merkwürdig, daß die Abnahme seines Lichtes viel schneller geschieht, als seine Zunahme. Wenn er, seinem größten Lichte zugehend, einmal die VIte Größe erreicht hat, so wächst er von da bis zur IIten Größe durch 40 Tage, bleibt dann 26 Tage in diesem seinem größten Lichte, worauf er durch neue 66 Tage wieder bis zur VIten Größe abnimmt, so daß er also während 132 Tagen größer, und während den übrigen 200 Tagen kleiner ist, als ein Stern der VIten Größe. Zur Zeit seines kleinsten Lichtes ist er meistens, selbst durch gute Fernröhre, unsichtbar.

Digitized by Google

Der Stern β Perseus oder Algol, im Medusenkopfe, hat bei seinem hellsten Lichte die IIte Größe, wie α Perseus, über ihm. Seine Lichtwechsel verhalten sich auf eine ganz eigene, von der aller anderen veränderlichen Sterne verschiedene Art. Nachdem er 61 Stunden lang die IIte Größe beibehalten hat, fängt er plötzlich an, schwächer zu werden, und nimmt während 4 Stunden bis zur IVten Größe ab, wo er dann kaum so hell, als der neben ihm stehende Stern ε erscheint. In dieser IVten Größe verweilt er 18 Minuten ohne merkliche Veränderung. In den nun folgenden 4^{h} 40′ nimmt er bis zur IIten Größe zu, verweilt in dieser Größe wieder 61 Stunden und beginnt dann dieselbe Periode wieder.

Mit der oben gegebenen Periode von 2.8673 Tagen und der Epoche seines kleinsten Lichtes, 1800 den 1ten Januar 17^{h} 54′ 50.6″ mitt. Zeit Paris (vergl. I. §. 116), kann man die Zeiten des größten oder des kleinsten Lichtes dieses Sterns für jedes gegebene Jahr leicht finden (m. s. Wurm's Tafeln in dem Berl. Jahrb. 1801, 1804, 1822). Zuerst erkannte seine Lichtveränderungen Goodricke i. J. 1783. Man kann noch als eine Eigenheit dieses Sterns bemerken, daß sein Licht glänzend weiß ist und diese Farbe selbst während seiner kleinsten Phase nicht ändert, während das Licht aller übrigen veränderlichen Sterne roth ist.

Der dritte veränderliche Stern, im Löwen, wurde zuerst von Koch i. J. 1780 erkannt. Die Zunahme seines Lichtes dauert 85, die Abnahme aber 140 Tage. — Der Stern in der Jungfrau wurde von Harding als ein veränderlicher erkannt. Wurm bestimmte seine Periode zu 145.46 Tagen und die Epoche seines größten Lichtes 1820 am 11ten Febr. 18^{h} Par. Zeit. Auch bei diesem Stern ist die Zeit der Lichtzunahme kürzer, als die der Abnahme. — Den Stern in der Hydra oder in der Wasserschlange erkannte zuerst Montanari i. J. 1672. Die zwei Sterne in der Schlange des Ophiuchus entdeckte Harding 1828 als veränderliche Sterne, so wie Pigott den in der Krone i. J. 1782. Der letzte zeigt sonderbare Anomalien in seinem Lichtwechsel, da er oft mehrere Jahre ganz unveränderlich scheint und dann wieder offenbar seine Gestalt wechselt. Der Doppelstern α Hercules wurde von dem ältern Herschel 1795 als ein veränderlicher erkannt. Die Zunahme seines Lichtes dauert 22, die Abnahme 39 Tage. — Den Stern im Sobieskischen Schilde und η Antinous entdeckte Pigott i. J. 1784 und 1795; β Leyer und δ Cepheus erkannte Goodrike 1784, und den im Schwan Kirch i. J. 1686 als einen veränderlichen Stern, so wie der im Wassermann zuerst von Harding i. J. 1811 als ein solcher erkannt wurde. — Ohne Zweifel gibt es noch viele solcher veränderlicher Sterne, die aber unbekannt sind, da die Beobachter ihnen noch nicht diejenige Aufmerksamkeit geschenkt haben, die sie, als merkwürdige Gegenstände des Himmels, in so hohem Grade verdienen. Auch selbst von den oben angeführten werden die gegebenen Perioden und Epochen noch mancher Verbesserungen bedürfen.

Diese veränderlichen Sterne scheinen, den bisherigen Beobachtungen zu Folge, darin übereinzukommen, daß ihr Licht roth, nach dem größten Glanze gewöhnlich dunkel- oder kupferroth ist; daß ihr Licht ungleich geschwinder zu-, als abnimmt; daß ihre kleinste Lichtphase viel länger dauert, als ihre größte, und daß die angegebenen Perioden, so wie auch die Helligkeit der einzelnen Phasen manchen Anomalien und Störungen unterworfen zu seyn scheinen, von denen wir jetzt noch keine Ursache angeben können. Daß von diesen gleichsam allgemeinen Regeln der oben erwähnte Algol im Perseus eine Ausnahme mache, ist bereits erwähnt

Digitized by Google

worden. Als der erste Entdecker der Veränderlichkeit dieses sonderbaren Gestirns wurde oben mit Recht Goodrike angeführt. Allein es muß noch bemerkt werden, daß dieselbe nahe in gleicher Zeit auch von dem bekannten astronomischen Bauer, Palitsch bei Dresden, gefunden worden ist, demselben, der auch i. J. 1759 den Halley'schen Kometen einen ganzen Monat früher, als alle Astronomen Europa's gesehen hat. Er war, wie Herschel sagt, he was a peasant by Station and an Astronomer by Nature (vergl. II. §. 173).

Man hat über den Grund dieses wunderbaren Lichtwechsels verschiedene Meinungen aufgestellt. Wir geben sie hier kurz an, ohne über ihren Werth entscheiden zu wollen. — Man glaubt, daß diese Sterne, gleich unserer Sonne, eine Rotation um ihre Axe haben und an einer ihrer Seiten lichtlos oder doch mit mehreren dunkeln Flecken bedeckt sind. Andere lassen große dunkle Planeten um diese Sterne gehen und uns das Licht derselben benehmen, wenn sie zwischen uns und diese Sterne treten. Wieder Andere nehmen die Gestalt dieser Sterne linsenförmig an, wo sie dann, wenn sie während ihrer Rotation uns ihre scharfe Kante zuwenden, weniger hell erscheinen oder auch ganz verschwinden. Auch wollte man diese abwechselnden Aufhellungen und Verdunklungen eigenen atmosphärischen Erzeugnissen dieser Sterne, denen unserer Sonnenflecken ähnlich, zuschreiben. Es ist aber auch möglich, daß diese sonderbare Erscheinung eine weniger mechanische Ursache hat, und daß diese Sterne ihren Lichtwechsel einem periodisch wiederkommenden Anspannen und Nachlassen jener Naturkraft verdanken, durch welche ihr Selbstleuchten hervorgebracht wird (m. s. Harding's kleinere Ephemeride für das Jahr 1831).

§. 227. (Neue oder wieder verschwundene Sterne.) So groß auch die Revolutionen seyn mögen, die auf den Oberflächen jener Fixsterne, die diesem Lichtwechsel unterworfen sind, vorgehen — welche ganz andere Veränderungen mögen jene andern erfahren haben, die an Stellen des Himmels, wo man früher keinen Stern bemerkte, in hellen Flammen aufzulodern und dann, vielleicht für immer, zu verschwinden scheinen. — Ein solcher war vielleicht der neue Stern, dessen Plinius (Hist. nat. Lib. II.) erwähnt, der i. J. 125 vor Chr. G. in einer früher ganz sternlosen Gegend des Himmels erschien. Hipparch soll, dadurch aufmerksam gemacht, den Entschluß gefaßt und ausgeführt haben, das erste Sternverzeichniß zu verfertigen. Es enthielt nur die vorzüglichsten, mit freiem Auge sichtbaren Fixsterne, und doch wendeten die Alten auf ihn die Stelle Virgil's an, wo vom Palinurus, dem Steuermanne des Aeneas, gesagt wird:

Sidera cuncta notat tacito labentia coelo.

Was würden sie zu unserm Sterncatalog der Histoire céleste (II. §. 192) gesagt haben, die 50000 Sterne enthält. — Eben so erschien i. J. 389 nach Chr. G. zur Zeit des Kaisers Honorius, ein neuer, früher nie gesehener Fixstern neben dem Sternbilde des Adlers, der durch drei Wochen an Glanz der Venus gleich kam und später wieder völlig verschwand, wie Cuspinianus erzählt, der ihn selbst beobachtet haben soll. Im neunten Jahrhundert beobachteten zwei arabische Astronomen, Haly und Albumazar, einen solchen neuen Stern im Scorpion, dessen Licht dem des Mondes in seinen Vierteln gleich war und der nach vier Monaten wieder unsichtbar wurde. Im Jahre 945, zur Zeit des Kaisers Otto, sah man, wie die Chroniker erzählen, einen solchen neuen und hellen Fixstern zwischen dem Cepheus und der Cassiopeia, und i. J. 1264

Digitized by Google

soll man nahe an derselben Stelle wieder ein solches Gestirn gesehen haben. Im Jahre 1572 am 11ten November bemerkte Tycho, als er eben zur Nachtzeit aus seinem chemischen Laboratorium über den Hof seines Hauses in die Sternwarte ging, ebenfalls in dem Sternbilde der Cassiopeia einen neuen Stern von ganz vorzüglicher Größe, auf einer Stelle, wo er früher nur sehr kleine Sterne gesehen hatte. Er war so hell, daß er selbst Jupiter und Venus an Glanz übertraf und daß er sogar am Tage sichtbar war. Während der ganzen Zeit seiner Sichtbarkeit konnte Tycho keine Aenderung seiner Stelle und auch keine Parallaxe (I. §. 71) bemerken. Aber nach einem Jahre nahm dieses Gestirn wieder allmählig an Glanz ab und verschwand endlich gänzlich im März 1574, sechszehn Monate nach seiner Entdeckung, ohne daß man seitdem eine Spur von ihm auffinden konnte. Als er zuerst erschien, war sein Licht blendend weiß. Im Januar 1573, zwei Monate nach seiner Entdeckung, war dasselbe bereits beträchtlich schwächer und gelblich geworden. Wieder in einigen Monaten nahm er eine röthliche Farbe an, wie Mars oder Aldebaran, und im Anfange des Jahres 1574, zwei oder drei Monate vor seinem gänzlichen Verschwinden, schimmerte er nur mehr in einem grauen oder bleifarbenen, dem des Saturn ähnlichen Lichte. — Goodrike, dessen wir oben (§. 226) schon öfter gedachten, ist der Meinung, daß die erwähnten neuen Sterne der Jahre 945 und 1264 identisch mit diesem von 1572 seyn, und daß daher dieser Stern ebenfalls ein veränderlicher Stern wäre, dessen periodischer Lichtwechsel 150 oder 300 Jahre betrage. Allein jene zwei früheren Erscheinungen sind zu ungewiß, um auf sie mit Sicherheit eine solche Behauptung aufstellen zu können.

Ein anderer neuer Stern, dessen zuerst der Bischof Münter in seinem Briefe erwähnt, erschien i. J. 1604 am 10ten October im östlichen Fuß des Schlangenträgers (Ophiuchus), der nahe eben so hell war, wie jener von 1572, und der im October 1605 ebenfalls völlig verschwand. Kepler schrieb darüber ein eigenes, auch in mehreren anderen Beziehungen sehr interessantes Werkchen: De stella nova in pede Serpentarii. Pragae 1606.

Im Jahre 1670 am 20ten Junius entdeckte Anthelm einen Stern der dritten Größe im Schwan, der schon nach zwei Monaten zu einem Stern der fünften Größe herabsank und bald darauf völlig unsichtbar wurde. Der berühmte Dominic Cassini beobachtete ihn sehr eifrig durch die ganze Zeit seiner Sichtbarkeit.

Erscheinungen dieser Art mögen unter den kleineren und seltener beobachteten Fixsternen vielleicht sehr häufig seyn. In der That kann man mehrere dieser Sterne, welche unsere Vorgänger in ihren Catalogen verzeichnet haben, jetzt nicht mehr am Himmel finden. Manche dieser Lücken mögen allerdings ihren Ursprung Irrthümern in der Beobachtung, Schreib- und Rechnungs-Fehlern und dergleichen Dingen verdanken,

quas humana parum cavit natura.

Aber es ist sehr unwahrscheinlich, daß alle diese vermißten Sterne aus diesem Grunde erklärt werden sollten. Jene großen, hellleuchtenden, von den berühmtesten Astronomen ihrer Zeit beobachteten neuen Sterne aber können keinen weiteren Zweifel ihrer Existenz und ihres darauf folgenden Verschwindens ausgestellt werden.

Aber wie sollen wir nun Erscheinungen dieser Art deuten? Soll man sie, mit Newton, dem Aufflammen eines Planeten zuschreiben, der sich in seine Sonnen gestürzt hat? Oder sind diese Sterne an sich dunkle

Digitized by Google

Körper von gewaltigem Umfang, die durch irgend einen für sie verderblichen Unfall in Brand geriethen, die Millionen von Meilen rings um sich mit dem Lichte ihrer Flammen erfüllten und dann, vielleicht für immer, verloschen und ihre Asche in dem Weltraume zerstreuten? Und war daher dieser helle Glanz, mit dem sie eine Zeit durch am Himmel zu prangen schienen, nur der Verkünder einer untergehenden Welt, die uns, durch ihr Auflodern, den furchtbaren Tag ihres Untergangs anzeigte, des Tages, an dem diese ihrer Vernichtung geweihte Sonne und mit ihr Tausende von den sie umkreisenden Planeten und Kometen, und mit diesen endlich unzählige Schaaren von empfindenden Wesen, Alle in Einem Augenblicke, das schreckliche Ende ihres Daseyns gefunden haben?

Kapitel XIV.

Sterngruppen und Nebelmassen des Himmels.

§. 228. (Verschiedenheit der Himmelskörper.) Der gestirnte Himmel ist nicht, wie es wohl auf den ersten Blick scheint, nur mit einer einzigen Art von Körpern, mit lichten, runden Sternen bedeckt, sondern die Natur, deren Mannigfaltigkeit in ihren Erzeugnissen wir schon auf der Erde so oft zu bewundern Gelegenheit haben, hat diesen Reichthum ihrer Schöpfungskraft und diese Abwechslung von Formen in einem noch viel höheren Grade in jenem endlosen Weltraume entwickelt.

Wir haben bereits in dem vorhergehenden Kapitel von den doppelten, von den drei- und vielfachen Sternen gesprochen, von welchen man besonders die ersten so häufig am Himmel trifft. Allein die Fernröhre haben uns noch viel mehr zusammengesetzte, wundervolle und offenbar innig zusammengehörende Systeme von Fixsternen kennen gelehrt. Sie zeigen uns überdieß noch andere Gegenstände, die zwar nur mehr als lichte Wolken erscheinen, die wir aber, wenn unsere Telescope einmal noch mehr vervollkommnet seyn werden, wahrscheinlich auch als solche Sternensysteme sehen werden, so daß wenigstens die meisten derselben nichts als ungemein entfernte Sammlungen von Fixsternen sind, die uns aber durch unsere, für ihre Auflösung noch zu schwachen Instrumente, nur noch unter der Gestalt von mehr oder weniger lichten Nebeln erscheinen.

Selbst der erste Anblick des Himmels, mit unbewaffneten Augen, zeigt uns schon, daß die Sterne, mit welchen er bedeckt ist, keineswegs gleichförmig auf ihm vertheilt sind. Wer kennt nicht die schöne Gruppe von Sternen am Halse des Stiers, die unter dem Namen der Pleiaden oder der Gluckhenne bezeichnet wird. Das Haar der Berenice, die Krippe

Digitized by Google

im Krebse u. s. sind ähnliche dichtgedrängte Sammlungen von Fixsternen, die alle zu sehr von den anderen in ihrer Nähe verschieden sind, als daß man sie nicht als zusammen gehörend und gleichsam für ein familienweise verbundenes, für sich abgeschlossenes System von Himmelskörpern zu halten veranlaßt werden sollte.

§. 229. (Die Milchstraße.) Was sollen wir aber erst von der bereits oben betrachteten Milchstraße sagen, von jenem schönen, hellen Bogen, der in der Gestalt eines größten Kreises durch den ganzen Himmel zieht? Einzelne Theile dieser lichten Zone sind durch einen ganz besonders hellen Glanz ausgezeichnet; in anderen Gegenden derselben aber sieht man gleichsam dunkle Oeffnungen und Spalten oder auch seitwärts auslaufende Aeste. Schon mäßige Fernröhre lösen uns die hellsten Gegenden dieser Zone in unzählige kleine, dichtgedrängte Fixsterne auf, und mit guten Teleskopen sieht man, daß diese Stellen immer desto sternreicher sind, je heller sie dem bloßen Auge erscheinen, zum Beweise, daß das Licht dieser Sternstraße bloß von den in ihr gehäuften und dicht gedrängten Sternen kommt, obschon in der That mehrere Stellen derselben auch durch unsere besten Instrumente sich nicht mehr in einzelne Sternen auflösen lassen, wahrscheinlich, weil sie dort zu entfernt von uns und zu nahe neben einander stehen, um noch einzeln von uns erkannt zu werden.

Der ganze regelmäßige Bau dieser wunderbaren Zone von wahrhaft unzähligen Sternen zeigt uns, daß sie ein isolirtes System von Sonnen am Himmel bildet, ein System, zu welchem auch unsere eigene Sonne als ein zwar kleiner, aber doch integrirender Theil desselben gehört. Wir haben bereits oben (II. §. 198) gezeigt, daß diese Milchstraße sehr wahrscheinlich die Gestalt einer Linse habe, von deren Mittelpunkt unser ganzes Sonnensystem nicht eben weit entfernt seyn mag.

Wenn aber unser Sonnensystem nicht in der Nähe dieses großen linsenförmigen Sternengebäudes, sondern wenn es weit seitwärts von demselben entfernt läge, so würden wir die ganze Milchstraße auch nicht mehr unter der Gestalt eines größten Kreises des Himmels, sondern wir würden sie als einen kleineren Kreis, oder vielmehr als eine Ellipse sehen, die aber einem solchen kleineren Kreise desto näher kömmt, je mehr unsere Gesichtslinie auf der großen Fläche dieser Linse senkrecht steht. Wenn wir z. B. um den größten Durchmesser der Linse senkrecht von ihr abstünden, so würden wir sie als eine kreisförmige Scheibe von 60 Graden im scheinbaren Durchmesser, also nahe so groß sehen, als uns jetzt das Sternbild des großen Bären erscheint. In einer Entfernung von zehn Durchmessern aber würde diese Linse nur $5^1/_2$ Grade, und in einer Entfernung von hundert solchen Durchmessern nur mehr einen halben Grad betragen. In dieser letzten Entfernung würden wir aber, selbst mit unseren besten Fernröhren, die einzelnen Sterne der Milchstraße nicht mehr erkennen, und das Ganze würde uns nur mehr als eine kleine, matt beleuchtete Wolke erscheinen.

§. 230. (Andere, ähnliche Gegenstände des Himmels.) Allein solcher kleinen, matten Lichtwolken sehen wir mit unseren Fernröhren in der That sehr viele am Himmel. Daß sie aber keine Wolken sind, daß sie nicht unserer Atmosphäre, sondern dem Himmel selbst angehören, folgt schon daraus, daß sie weder ihre Gestalt, noch ihren Ort am Himmel ändern, sondern vielmehr, gleich den eigentlichen Fixsternen, immer dieselbe Stelle einnehmen.

Der ältere Herschel hat bereits über dreitausend solcher Himmelswolken entdeckt, und es gelang ihm auch mit Hülfe seiner vortrefflichen

Digitized by Google

Teleſcope, viele derſelben in einzelne Sterne aufzulöſen, zum Beweiſe, daß ſie in der That nichts anderes, als eben ſolche Aggregate von Fixſternen, wie unſere Milchſtraße, ſind. Allein viele derſelben behalten auch in den beſten Fernröhren noch immer ihre frühere Geſtalt von Wolken oder Nebeln bei, und dieſe müſſen daher, wenn ſie anders noch aus Sternen beſtehen, noch ungleich weiter, als jene, von uns entfernt ſeyn. Doch iſt es auch möglich, daß mehrere von ihnen in der That nur bloße Lichtnebel, alſo Himmelskörper von einer ganz andern Art ſind, als diejenigen, welche wir bisher kennen gelernt haben.

§. 231. (Aeltere Eintheilung dieſer Gegenſtände in Klaſſen.) Derſelbe vortreffliche Beobachter bemerkte bald, daß dieſe Gegenſtände, deren er eine ſo bedeutende Anzahl am Himmel gefunden hatte, große Verſchiedenheiten unter ſich zeigten, und er fand es daher für nöthig, zur beſſern Ueberſicht derſelben ſie in acht Klaſſen einzutheilen.

Die erſte Klaſſe enthielt die ſehr hellglänzenden Nebel, die ſich, auch durch ſeine beſten Teleſcope, nicht in Sterne auflöſen laſſen. Herſchel führt derſelben 288 an. Die zweite enthielt 907 lichtſchwache, die dritte 978 ſehr matt ſchimmernde, ebenfalls unauflösbare Nebel. Die meiſten Gegenſtände dieſer drei Klaſſen haben eine völlig unregelmäßige Geſtalt und meiſtens noch einzelne Theile, die ſich durch ein helleres Licht von den übrigen unterſcheiden. In der vierten Klaſſe führt er die ſogenannten planetariſchen Nebel auf, die eine ganz kreisförmige Geſtalt, in allen ihren Theilen durchaus dieſelbe Lichtſtärke und meiſtens noch einen beträchtlichen Durchmeſſer von fünf, zehn und mehr Secunden haben. In dieſe Klaſſe nahm er auch die ſogenannten Nebelſterne und Sternnebel auf (nebulous stars und stellar nebulae), von welchen die erſten eigentliche, hellleuchtende Fixſterne, mit kreisrunden, nebligen Atmoſphären ſind, deren Gränzen ſich allmählig verlieren, während die anderen aus Fixſternen beſtehen, die mit Nebeln von beſonderer Geſtalt, von der eines Pinſels, eines Fächers, einer Locke, einer Wulſt u. dgl. in Verbindung ſtehen. Die fünfte Klaſſe enthält 52 ſehr große und oft mehrere Quadratgrade ausgebreitete Nebelſtellen mit auslaufenden Zweigen oder Armen. Die ſechste ſiebente und achte Klaſſe endlich enthält die eigentlichen Sterngruppen (clusters of stars), oder reiche und dicht gedrängte Sammlungen kleinerer Sterne. Die der ſechsten Klaſſe ſind ſehr ſternreiche, die der ſiebenten dicht gedrängte und meiſtens kreisrunde, und die der achten endlich mehr unordentlich zerſtreute Sammlungen von kleinen Fixſternen, deren erſter Anblick aber ſchon zeigt, daß ſie zuſammen gehören und gleichſam ein eigenes Syſtem von Fixſternen am Himmel bilden.

§. 232. (Bemerkungen über dieſe Eintheilung.) Dieſe Sonderung jener Gegenſtände in acht Klaſſen, deren Gränzen, wie man ſieht, nicht ſcharf geſchieden ſind, enthält zu viel Willkührliches, als daß ſie lange hätte beibehalten werden ſollen. Sie war um ſo unbequemer, da der ältere Herſchel den Ort derſelben am Himmel nicht unmittelbar, ſondern nur durch ihre Abſtände von bekannten Sternen angegeben hatte. Sein Sohn, der Erbe ſeiner vorzüglichen Teleſcope und ſeines ausgezeichneten Beobachtungstalentes, hat es daher vorgezogen, dieſe Gegenſtände ganz ſo, wie wir es bisher mit den Planeten und Fixſternen zu thun pflegten, durch die Rectaſcenſion und Declination derſelben anzugeben, was offenbar zweckmäßiger und bequemer zugleich iſt.

§. 233. (Verzeichniſſe dieſer Gegenſtände.) Die älteſten Verzeichniſſe dieſer Nebel und Sterngruppen, die des älteren Herſchel, ſind in den

Digitized by Google

Philos. Transact. für die Jahre 1786, 1789 und 1802 enthalten. Aus ihnen hat Bode in seinen Berl. Jahrbüchern für 1791 und 1794, so wie J. W. Pfaff in seinem Werke: „Schriften Herschel's, Dresden 1826", Uebersetzungen und Auszüge gegeben. Der jüngere Herschel hat erst in den letzten Jahren die meisten dieser Gegenstände revidirt und nach seinen eigenen Beobachtungen ein Verzeichniß von 2396 Nebeln und Gruppen in den Philos. Transact. für d. J. 1833 gegeben. Noch besitzen wir ein anderes, kleineres Verzeichniß dieser Art von Messier (Mém. de l'Acad. de Paris 1771 und Conn. des temps 1783 und 1784), welches aber nur diejenigen Gegenstände enthält, die noch mit Fernröhren von 3 bis 4 Zoll Oeffnung gesehen werden können.

§. 234. (Nothwendigkeit guter Fernröhre zur Beobachtung dieser Himmelskörper.) Viele dieser Gegenstände sind nämlich so lichtschwach, daß sie nur durch unsere besten Fernröhre gut gesehen werden können, und die meisten derselben erfordern auch dann noch die zur Beobachtung vortheilhaftesten Umstände: eine durchaus reine, wolkenleere Atmosphäre, Entfernung von Dämmerung, von Mondlicht, von Beleuchtung durch Lampen u. s. Wie verschieden viele dieser Himmelskörper durch verschiedene Fernröhre erkannt werden, kann man sehen, wenn man die Beschreibungen vergleicht, die Herschel und Messier von denselben Nebeln in ihren Catalogen gegeben haben.

§. 235. (Vertheilung derselben am Himmel.) Wenn man die erwähnten Cataloge näher betrachtet, so sieht man, daß einige Gegenden des Himmels sehr reich an diesen Gegenständen sind, während andere beinahe nichts von ihnen enthalten. Gewöhnlich trifft man sie in ganzen Lagern neben einander geschichtet an. Ja man kann sogar sagen, daß die meisten derselben eine Art Zodiacus, eine Zone bilden, die in der Gestalt eines größten Kreises, wie die der Milchstraße, über den ganzen Himmel zieht. Diese Nebelzone durchschneidet die eigentliche Milchstraße unter rechten Winkeln und geht nahe durch die beiden Nachtgleichen-Punkte, oder durch 0^h und 12^h der Rectascension. In dieser Zone findet man sie am häufigsten, und zwar am meisten gedrängt in den Sternbildern der Jungfrau, der Berenice und des großen Bären.

Gewöhnlich ist die äußerste Gränze dieser Nebellager scharf abgeschnitten, und unmittelbar an diesen Nebeln ist der Himmel sehr rein. Der ältere Herschel fand diese Bemerkung so allgemein, daß er immer, so oft er auf eine solche ganz nebelleere Stelle des Himmels kam, bald darauf ein neues Lager von Nebeln erwartete, und er wurde nur sehr selten in dieser Erwartung getäuscht.

§. 236. (Nähere Betrachtung dieser Gegenstände.) Da es ohne Zweifel eine ganz vergebliche Mühe seyn würde, die Eigenschaften oder die Bestimmungen dieser wunderbaren Himmelswesen zu erforschen, indem die Kenntniß derselben noch viel zu neu ist (Herschel fing die Beobachtungen derselben erst i. J. 1784 an), um Fragen dieser Art jetzt schon beantworten zu wollen, so wird es besser und angemessener seyn, vorerst noch mehr Beobachtungen über diese Weltkörper zu sammeln. Wir wollen uns begnügen, hier dasjenige kurz zusammen zu stellen, was aus den bisherigen Beobachtungen der beiden Herschel als das Vorzüglichste betrachtet werden kann. Zu diesem Zwecke wollen wir sie, nach ihren verschiedenen Gestalten abgesondert, näher betrachten.

§. 237. (Eigentliche Sterngruppen.) Sterngruppen, oder auch Sternhaufen, nennt man diejenigen isolirten, lichten Stellen des Himmels, die sich, wenigstens durch bessere Fernröhre, durchaus in einzelne Sterne

Digitized by Google

auflösen lassen, während sie mit freien Augen entweder nur als matte Lichtwolken, oder auch, im gewöhnlichsten Falle, gar nicht sichtbar sind. Einige derselben kann man schon mit Fernröhren von 3 bis 4 Zoll Oeffnung sehen, und wir werden diese besonders bemerken, damit die Leser, die wenigstens mit solchen Instrumenten versehen sind, diese Gegenstände am Himmel selbst nachsehen und näher kennen lernen mögen.

Die in den folgenden Angaben aufgeführten Rectascensionen AR und Poldistanzen P gehören durchaus für das Jahr 1830 und können daher, da die Durchmesser dieser Gegenstände meistens sehr bedeutend sind, auch für dreißig und mehr Jahre vor- und rückwärts von dieser Epoche gelten. Daß zu ihrer Aufsuchung am Himmel ein parallactisch aufgestelltes Fernrohr nothwendig ist, bedarf keiner weiteren Erläuterung.

Zu diesen Sterngruppen gehören also vorerst jene, die man schon mit freien Augen oder doch mit sehr schwachen Fernröhren, als eigentliche Sammlungen von Sternen erkennt. Solche sind:

AR = 3^h 39′, P = 66° 30′ die bekannten Pleiaden oder die Gluckhenne am Halse des Stiers, mit freien Augen schon auflösbar.

AR = 2^h 6′, P = 33° 38′ im Wehrgehenke des Perseus, dem unbewaffneten Auge als eine lichte Wolke auffallend. Die Gruppe bildet eine Ellipse, in deren Mitte ein Doppelstern ist.

AR = 8^h 29′, P = 69° 30′ die sogenannte Krippe im Sternbilde des Krebses.

AR = 11^h 50′, P = 64° 0′ das Haupthaar der Berenice, mit freien Augen schon auflösbar.

§. 238. (Telescopische Gruppen.) Ohne uns weiter bei diesen und ähnlichen bekannten Gruppen aufzuhalten, gehen wir sofort zu den eigentlich telescopischen Sterngruppen über, deren man so viele am Himmel bemerkt. Ihre Gestalt ist beinahe durchaus rund und oft selbst genau kreisförmig; die Sterne, aus welchen sie zusammengesetzt sind, scheinen alle gleich groß zu seyn, und nur zuweilen findet man einen oder einige größere Sterne in der Mitte dieser Gruppen. Diese größeren Sterne sind dann oft durch eine rothe Farbe ausgezeichnet oder auch eigentliche Doppelsterne. Diese Kreisform findet man vorzüglich bei allen jenen Gruppen, deren Sterne sehr klein und gedrängt sind, gleichsam als wären diese in ihrer Ausbildung schon weiter vorgeschritten, während die anderen an ihren Gränzen noch unregelmäßig sind und oft selbst noch in Zweige und Arme auslaufen. Die Anzahl der Sterne in den sehr gedrängten Gruppen ist oft wahrhaft außerordentlich. An ein eigentliches Zählen läßt sich da nicht mehr denken, aber nach Herschel's Schätzungen sind oft zehn- und selbst zwanzigtausend Sterne in einem kugelförmigen Raume zusammen gepreßt, dessen Durchmesser kaum 8 bis 10 Minuten hat, dessen Oberfläche also kaum den zehnten Theil der Oberfläche des Vollmondes beträgt. Gegen die Mitte dieser Gruppen nimmt die Helle derselben meistens stufenweise zu, weil diese Sterne, wie die Fernröhre zeigen, immer enger an einander stehen, je weiter sie zum Mittelpunkte vordringen, so daß also diese Centralhelle nicht bloß optisch ist, wie sie auch jede andere, aus völlig gleich weit abstehenden Sternen gebildete Kugel zeigen würde, sondern daß dieselben gegen den Mittelpunkt der Kugel in der That näher an einander rücken, was wahrscheinlich die Folge einer größeren Attraction dieses Mittelpunktes ist.

§. 239. (Größe und Entfernung dieser Gruppen.) Es scheint gewagt zu seyn, diese zahllosen Sterne, aus welchen jene Gruppen bestehen, für

Digitized by Google

eben so viele Sonnen, an Größe gleich unserer Sonne, anzunehmen. Aber wer mag uns widersprecken, wenn wir behaupten wollten, daß sie vielleicht noch viel größer sind, und daß, so nahe sie uns auch an einander gedrängt erscheinen, ihre wahren Distanzen doch eben so bedeutend seyn können, als diejenigen, welche die einzelnen Fixsterne von einander trennen, da sie alle Millionen, ja Billionen von Meilen von uns und von einander entfernt seyn mögen. Wenn uns solche Behauptungen übertrieben erscheinen, so folgt daraus noch nicht, daß sie es auch in der That sind. Für jene Fernen fehlt uns aller Maaßstab, und unsere bloß relativen Begriffe von Größe finden dort keine Anwendung mehr. Wenn das Licht von zehntausend Sonnen zusammen genommen uns doch nur wie das eines Sterns der fünften oder sechsten Größe erscheint, so muß wohl ihre Entfernung von uns ganz außerordentlich und noch viel größer seyn, als selbst die Distanz der anderen Fixsterne unter sich, so groß auch diese letzte uns erscheinen mag.

— — Who can satiate sight
In such a scene, where depht, height, breadth
Are lost in their extremes, and where, to count
The thick-sown glories in this ocean of Suns,
Perhaps a Seraph's computation fails.

Young.

§. 240. (Natur dieser Gruppen.) Wie sich dieß übrigens auch verhalten mag, die Kugelform, die scharfe Begränzung und die auffallende Symmetrie des inneren Baues dieser wundervollen Sonnengebäude zeugt von Einheit des Zwecks und von einer bestimmten, in sich selbst abgeschlossenen Natur dieser Himmelskörper. Ihr ganzes geheimnißvolles Wesen scheint von einer einzigen Kraft der Anziehung durchdrungen, von einem eigenen, gemeinsamen Bande des Zusammenhangs umschlungen zu seyn, dessen innere Einrichtung und Organisation uns wohl immer unbekannt bleiben wird.

§. 241. (Vorzüglichste Sterngruppen.) Hier folgen die ausgezeichnetsten dieser Gruppen, von denen man mehrere schon mit mäßigen Fernröhren erkennen kann.

AR = 13^h 4′, P = 70° 56′. Eine sehr schöne und stark gedrängte Gruppe, in der Mitte ungemein hell, am Rande etwas ausgezackt. Durchmesser der nahe runden Gestalt 5 Minuten. Die Sterne sind sehr klein, der XII. bis XX. Größe und die Anzahl derselben ungemein groß.

AR = 13^h 34′, P = 60° 46′. Sehr schöne, runde Gruppe von 6 Min. Diameter. Sie enthält wenigstens tausend Sterne der XI. Größe und darunter. Sie bilden eine helle Stelle gegen den Mittelpunkt, aus welchen gleichsam Lichtstrahlen gegen den Umkreis ausströmen.

AR = 13^h 58′, P = 60° 40′. Sehr große, reiche Gruppe von 10 Min. Diameter. Die Sterne sind der XII. und XVIII. Größe. Die Gruppe hat keinen lichten Kern, und die Sterne sind gegen die Mitte der Gruppe ungemein gedrängt und selbst für starke Fernröhre unauflösbar.

AR = 15^h 10′, P = 87° 16′. Sehr schöne und gedrängte kugelförmige Gruppe. Die Beleuchtung derselben wächst stark gegen die Mitte, wo die Sterne nicht mehr getrennt werden können.

Digitized by Google

Der Durchmesser des Ganzen ist $2^1/_2$ Minuten. Die ganze Nachbarschaft um diese Gruppe ist sternenleer. M. s. die Tafel der Nebel Nro. 9 Fig. 76.

AR = 16^h 35′, P = 53° 12′. Sehr reiche Gruppe von unregelmäßiger Gestalt ohne eigentlichen Kern, der Rand gleichsam behaart. Die Sterne der X. und XV. Größe sehr dicht stehend. Diameter 8 Min. Diese Gruppe steht zwischen η und ζ Herkules und ist am Ende dieses Werkes (Fig. 77) abgebildet.

AR = 16^h 48′, P = 93° 50′. Eine runde Gruppe von zerstreut stehenden Sternen, 10 Min. Durchmesser, ohne eigentlichen Kern.

AR = 17^h 47′, P = 108° 58′. Große, reiche, nicht sehr gedrängte Gruppe von 60 bis 80 Sternen, die größtentheils in regelmäßigen krummen Linien zu liegen scheinen.

AR = 18^h 26′, P = 114° 1′. Sehr schöne, kugelförmige Gruppe, allmählig heller gegen die Mitte, aber ohne eigentlichen Kern. Die Sterne der XII. und XX. Größe scheinen durchaus gleich vertheilt und die Gränze des Ganzen verwaschen.

AR = 18^h 43′, P = 96° 28′. Schöne, aber unregelmäßige Gruppe von nahe 12 Min. Diameter. Die Sterne alle der XII. Größe mit einem größeren der IX. Größe in der Mitte. Das ganze Bild scheint in fünf oder sechs verschiedene Gruppen gebrochen zu seyn.

AR = 19^h 10′, P = 60° 7′. Schöne, gedrängte Gruppe, die nahe die Gestalt eines Dreiecks hat. Reich, ohne Kern. Größter Durchmesser 3 Minuten. Die Sterne von verschiedener Größe.

AR = 19^h 23′, P = 81° 7′. Sehr reich und gedrängt. Im südlichen Theile der Gruppe ist ein Doppelstern. Diameter 40 Secunden.

AR = 21^h 22′, P = 78° 34′. Groß, licht, unregelmäßig rund, gegen die Mitte heller, als wenn hier die Gruppe eine wulstige Erhöhung hätte. Aus dem Mittelpunkte scheinen Lichtstreifen gegen die Peripherie zu gehen.

AR = 21^h 25′, P = 91° 34′. Schön, groß, rund, auflösbar. Gegen die Mitte sehr hell, gleichsam flammend, obschon hier die Sterne nicht dichter stehen. Der Anblick der Gruppe gleicht dem eines Haufen Goldsandes. Der hellste Theil des Ganzen beträgt 6 Secunden im Durchmesser, und das Licht desselben gleicht dem eines Sterns der VI. Größe. M. s. Fig. 76 Nro. 10.

AR = 23^h 48′, P = 34° 14′. Sehr schöne, große, runde Gruppe von 15 Min. Diameter, sehr reich an dicht gedrängten Sternen. Das Ganze wird allmählig lichter gegen die Mitte, aber ohne Verdichtung zu einem eigentlichen Kern. Die Sterne sind der X. bis XVIII. Größe.

Von denjenigen Gruppen, die einen ausgezeichnet gefärbten Stern in ihrer Mitte haben, kann man bemerken:

AR = 2^h 10′, P = 33° 38′. Groß und schön, gegen die Mitte heller. Diese Gruppe steht nahe bei der oben erwähnten großen Gruppe des Perseus. Mit einem rothen Stern in der Mitte.

AR = 5^h 8′. P = 50° 51′. Eine reiche Gruppe mit einem Stern der VII. Größe, der orangefarb ist.

Digitized by Google

AR = 21ᴬ 25′, P = 39° 10′, Schöne, runde Gruppe von Sternen der XV. bis XX. Größe, 8 Minuten Diameter. In der Mitte ein röthlicher Stern der X. Größe.

AR = 21ᴬ 38′, P = 37° 5′. Ein sehr merkwürdiger Gegenstand, nämlich ein ovaler Ring von kleinen, nahe an einander stehenden Sternen gebildet und in der Mitte des Rings ein Stern der IX. Größe von rother Farbe.

Gruppen, mit Doppelsternen in ihrer Mitte, finden sich ebenfalls mehrere am Himmel, z. B.

AR = 2ᴬ 31′, P = 47° 57′. Eine schöne Gruppe von nahe zwanzig Sternen der IX. bis XI. Größe und vielen andern kleineren. In der Mitte derselben ein Doppelstern.

AR = 4ᴬ 57′, P = 52° 51′. Gut begränzte Gruppe von nahe 30 Sternen mit einem Doppelstern.

AR = 6ᴬ 43′, P = 89° 21′. Eine reiche, gleichsam in drei Aeste gespaltene Gruppe, in deren Hauptstelle ein Doppelstern.

AR = 8ᴬ 5′, P = 95° 16′. Schöne, große, reiche Gruppe von Sternen der IX. bis XIII. Größe, zwischen welchen aber der Hintergrund des Himmels mit unzähligen, kleinen, lichten Punkten wie besäet erscheint. In der Mitte des ganzen Gebäudes ein Doppelstern.

AR = 19ᴬ 59′, P = 54° 42′. In einer Gruppe von 5 hellen und vielen andern kleineren Sternen ist ein Doppelstern.

AR = 20ᴬ 1′, P = 69° 23′. Eine Gruppe von vielen Sternen der X. bis XIII. Größe. Der größte unter ihnen ist ein Doppelstern.

AR = 21ᴬ 2′, P = 39° 50′. Eine sonderbare, zerstreute Gruppe, in welcher mehrere dreifache Sterne.

AR = 23ᴬ 48′, P = 29° 44′. Sehr reiche Gruppe von 4 Min. Durchmesser. Die Sterne der XII. Größe; einer unter ihnen ist ein Doppelstern.

Hieher gehört auch die bereits erwähnte Gruppe, die Krippe im Krebs, (§. 236) in deren Mitte ebenfalls ein Doppelstern steht, so wie in der Gruppe des Wehrgehenkes im Sternbilde des Perseus.

Die angeführten Doppelsterne sind meistens, aber nicht immer, in der Mitte der ganzen Gruppe und gewöhnlich größer, als alle übrigen Sterne. Doch trifft man auch zuweilen andere Gruppen, in welchen die kleinen, oft sehr dicht stehenden Sterne um einen großen, lichten Centralstern gelagert und gleichsam angereiht sind, wie z. B. in AR = 8ᴬ 38′ und P = 76° 47′.

Einer dreieckigen Gruppe haben wir schon oben erwähnt.

Eine andere von derselben Gestalt findet man in AR = 23ᴬ 56′ und P = 111° 40′. Auch eine viereckige Gruppe sieht man in AR = 19ᴬ 23′, P = 70° 5′; sie ist 3 Min. lang und 2 Min. breit und besteht aus sehr gedrängten Sternen der XIV. bis XVIII. Größe.

In AR = 23ᴬ 4′, P = 30° 21′ sieht man eine andere helle Gruppe, die aus zwei geraden Linien von dicht an einander gestellten Sternen besteht, zwischen welchen mehrere andere, kleinere ausgestreut sind.

Das Vorhergehende wird genügen, dem Leser von dem Reichthume dieser Sterngruppen einen angemessenen Begriff zu geben.

§. 242. (Nebelmassen des Himmels.) Es wurde bereits oben be-

Digitized by Google

merkt, daß auch die eigentlichen Sterngruppen, durch mäßige Fernröhre besehen, nur wie mehr oder weniger lichte Nebel erscheinen, während sie doch, durch stärkere Instrumente, in die einzelnen Sterne aufgelöst werden, aus welchen sie in der That zusammengesetzt sind. Wahrscheinlich ist dieß auch der Fall mit den meisten derjenigen Himmelskörper, die uns, auch durch unsere besten Telescope besehen, immer noch als Nebel erscheinen, während sie doch in noch viel besseren Fernröhren, als diejenigen sind, zu welchen es die Kunst bisher gebracht hat, sich ohne Zweifel ebenfalls in Sterne auflösen werden. Diese sind daher nur wieder als eigentliche Sterngruppen zu betrachten, deren Sterne aber entweder zu klein, oder zu lichtschwach, oder endlich zu weit von uns entfernt sind, um noch deutlich unterschieden zu werden. Doch mögen auch viele unter diesen wundervollen Wesen des Himmels seyn, welche nicht mehr aus eigentlichen Sternen zusammengesetzt sind: Wesen eigener Art, die als wahre Lichtnebel für sich bestehen und keineswegs als bloße optische Erscheinungen betrachtet werden können.

Es gibt in der That ganze große Gegenden des Himmels von mehreren Quadratgraden, die völlig mit dieser Nebelmasse überzogen sind. Diese Gegenden zeichnen sich nicht bloß durch ihr helleres Licht vor dem übrigen dunklen Rande des Himmels, sondern auch durch ein eigenes schuppen- oder flockenartiges Ansehen aus, und es erfordert nur eine geringe Uebung des Auges, um zu sehen, daß sie keineswegs bloß die Wirkung sehr dicht stehender, entfernter Sterne seyn können. Ja oft sieht man diese Nebel in einer so unmittelbaren Verbindung mit eigentlichen hellen Fixsternen, daß man den wesentlichen Unterschied zwischen diesen beiden Gattungen von Himmelskörpern nicht weiter verkennen kann, wie wir weiter unten bald näher sehen werden.

Wir wollen uns hier wieder darauf beschränken, die vorzüglichsten dieser eigentlichen Nebel zur bessern Uebersicht, nach ihrer äußern Form in Klassen geordnet, näher anzuführen.

§. 243. (Sehr große und weit verbreitete Nebel.) Diese sind gewöhnlich äußerst lichtschwach und in ihren Gränzen sehr unbestimmt und verwaschen, daher man sie nur mit sehr starken Fernröhren sehen kann. Bei den folgenden ist die Ausdehnung derselben in Quadratgraden angegeben, wobei man bemerken kann, daß die Oberfläche der Sonne oder des Mondes für uns nahe den vierten Theil eines Quadratgrades beträgt. Wenn es daher von einem solchen Nebel heißt, daß er fünf Quadratgrade einnimmt, so heißt dieß, daß er in seiner Oberfläche zwanzigmal größer, als die Sonne, erscheint. Ein Nebel von acht Quadratgraden wird eben so eine 32mal größere scheinbare Fläche haben, als die Sonne. Wenn also in dem letzten Falle ein solcher Himmelskörper auch nur so weit, wie der nächste Fixstern, das heißt, wenn er vier Billionen Meilen (I. §. 71) von uns entfernt ist, so wird der wahre Durchmesser desselben schon gegen 200000 Millionen Meilen betragen, also 500 mal größer seyn, als der Umfang der ganzen Uranusbahn, deren Durchmesser 840 Mill. Meilen beträgt. Eine Ausdehnung, von welcher auch die lebhafteste Phantasie sich keinen angemessenen Begriff mehr zu machen im Stande ist.

AR	P	Quadratgrade
0^h 12′	85° 34′	7.6
0 36	47 3	8.6
5 10	65 6	3.4
5 27	94 73	4.6
13 58	55 20	1.6
20 58	92 17	4.1

Digitized by Google

Herschel hat die Flächenräume aller von ihm beobachteten Nebel dieser Art in eine Summe gebracht und diese über 200 Quadratgrade groß gefunden, so daß daher die Menge des in dem Weltraume zerstreuten Nebels in der That an das Ungeheure zu gränzen scheint.

§. 244. (Größere, unregelmäßige Nebel.) Diese Gattungen von Nebeln sind zwar kleiner, als die vorhergehenden, übertreffen aber doch die Oberfläche der Sonne oder des Mondes oft noch vielmal; sie sind überdieß an ihrem Rande meistens schärfer begränzt und haben gewöhnlich eine noch sehr unregelmäßige Form. Oefter entdeckt man an ihnen auffallend hellere Stellen, in welchen das Licht gleichsam concentrirt erscheint, und diese Stellen sind meistens abgerundet oder nahe kreisförmig.

Einen solchen Nebel sieht man z. B. in AR = 12^h 5′, P = 74° 9′. Er hat die Gestalt eines langen, an seinen Enden unregelmäßigen Streifens von 10 Min. Länge und nahe bei seiner Mitte eine helle, kernartige Stelle. Einen noch viel größeren sieht man in AR = 20^h 53′, P = 46° 20′, dessen Gränzen aber sehr schwach und unbestimmt sind. In AR = 8^h 30′ und P = 119° 21′ ist ein vielleicht durch stärkere Fernröhre auflösbarer Nebel, der die Gestalt des Buchstabens X hat und sich über sechs Minuten im größten Durchmesser erstreckt. In AR = 18^h 11′, P = 106° 15′ ist ein anderer großer Nebel, der die Gestalt eines Ω hat. Einige Stellen desselben sind in der That in Sterne auflösbar. Auch hat er zwei andere große, runde und lichte Stellen, deren Beleuchtung gegen die Mitte sehr zunimmt. AR = 20^h 39′, P = 59° 54′ bei × Schwan; ein langer, gewundener Streifen, milchfarbig, 30 Min. lang; nahe nördlich über ihm ein anderer schwächerer und schlangenförmiger Nebel. In AR = 20^h 49′, P = 58° 57′ endlich ist ein über einen Grad langer Nebel, dessen eine Hälfte gabelförmig gespalten ist. An der Stelle, wo diese Spaltung beginnt, sieht man vier Sterne, die ein Trapez unter sich bilden. Dieser sonderbare Himmelskörper ist nur ohne Beleuchtung mit den besten Fernröhren sichtbar, und die ihn begränzende Umgegend ist ganz mit einem schuppenartigen Nebel überzogen.

§. 245. (Nebel mit helleren Theilen.) In sehr vielen Nebeln bemerkt man einen, oft beträchtlich großen lichten Theil, der sich durch seine hellere Farbe von den übrigen sehr unterscheidet. Gewöhnlich ist dieser hellere Theil, dieser Kern des Nebels, nahe kreisrund, besonders bei jenen, wo das Licht in denselben sehr stark ist und gegen den Mittelpunkt des Kerns schnell zunimmt. Man trifft diese Kernnebel selten allein, sondern gewöhnlich in ganzen Heerden am Himmel an, gleichsam als wenn sie aus den Nebeln der vorigen Arten durch Zerreißung, durch Trennung, oder durch eine theilweise Condensation des Nebelstoffes entstanden wären. Herschel sah oft in einer halben Stunde über dreißig solcher Nebel durch das Feld seines unverrückten Teleskops ziehen. Eines der größten Lager derselben geht durch das Haar der Berenice, durch den großen Bären, die Andromeda und durch den nördlichen Fisch bis zu dem Kopf des Centaurs und ist in dieser ganzen gewaltigen Ausdehnung überall reich an solchen Kernnebeln. Einige unter ihnen haben auch zwei und selbst mehr solche lichte Kerne, wie wir schon kurz zuvor bei jenem von der Gestalt des Ω angeführt haben. Ein anderer ist in AR = 9^h 22′, P = 67° 45′, elliptisch gebaut und über drei Minuten lang, der entweder zwei hart an einander stehende Kerne hat, oder selbst ein Doppelnebel ist. Auch der in AR = 12^h 7′, P = 52° 44′ hat einen doppelten hellen Kern. Fig. 76 Nro. 11.

Digitized by Google

§. 246. (Nebel von regelmäßiger Gestalt.) Diese sind beinahe durchaus entweder nahe kreisrund oder elliptisch gestaltet. Jene haben meistens einen hellen Kern in der Mitte, dessen Umfang mit dem des ganzen Nebels concentrisch ist. Sie zeichnen sich vor allen vorhergehenden durch ihre hellere Farbe und durch ihre kleineren Dimensionen aus, wahrscheinlich, weil das Licht in diesen Himmelskörpern schon mehr verdichtet ist und die Bildung derselben schon eine höhere Stufe erreicht hat. Mit diesen Nebeln scheint die bisher bloß schaffende Kraft der Natur bereits in eine mehr vorherrschende formbildende Kraft überzugehen. Solche Nebel findet man in

AR = 1^h 16′, P = 81° 21′, rund, licht, gegen die Mitte schnell zunehmend — Diameter 1 Min.

AR = 5^h 24′, P = 68° 7′. Elliptisch, 4 Min. lang, 3 Min. breit; ein schönes Bild.

AR = 8^h 31′, P = 39° 11′. Elliptisch, hell und noch viel heller in der Mitte. 30 Sec. lang, 20 Sec. breit.

AR = 9^h 41′, P = 20° 8′. Sehr licht und elliptisch, in der Mitte viel heller. Von dem Mittelpunkte gehen mehrere Strahlen aus, die 3 und 4 Minuten lang sind.

AR = 11^h 10′, P = 76° 0′. Hell und rund, allmählig heller gegen die Mitte mit einem runden Kern.

AR = 11^h 43′, P = 44° 56′, ein sehr schöner, kugelförmiger, scharf begränzter Nebel mit einem runden Kern. Der Durchmesser des Ganzen beträgt drei Minuten.

AR = 17^h 9′, P = 108° 20′. Rund, allmählig heller gegen die Mitte, 4 Minuten Durchmesser.

AR = 18^h 4′, P = 83° 11′. Schöne, runde, scharf begränzte, helle Scheibe über acht Minuten im Durchmesser. Schon im Zwielichte sichtbar.

AR = 22^h 29′, P = 56° 29′, hell, elliptisch, 90 Sec. lang, 30 Sec. breit; plötzlich heller gegen die Mitte. Hart an ihm ein anderer schwacher Nebel von 16 Sec. Durchmesser.

§. 247. (Doppelnebel.) Wie oben bei den Fixsternen, so sehen wir auch hier bei den Nebeln häufig zwei derselben so nahe stehen, daß wir an ihrem Zusammengehören, an ihrer innigen Verbindung nicht wohl zweifeln können. In der That kommen diese Doppelnebel zu oft vor, als daß ihre scheinbare Duplicität bloß optisch seyn sollte. Auch sieht man sie öfter durch Nebelbänder mit einander unmittelbar verbunden, während einige an ihren nächsten Gränzen in einander fließen, oder während der eine derselben an seinem Rande eine Vertiefung, eine Bucht zeigt, in welche die gegenüberstehende Hervorragung des andern der Größe und Form nach genau zu passen scheint u. s. w. Solche Nebel sind in

AR = 7^h 15′, P = 60° 11′; die Kerne der beiden sich berührenden Nebel sind so hell, daß sie beinahe sternartig glänzen. Fig. 76 Nro. 12.

AR = 9^h 22′, P = 67° 45′. Die beiden Nebel bilden ein elliptisches Ganze, dessen große Axe 3 Min. lang ist.

AR = 11^h 53′, P = 107° 55′, zwei in einander fließende Nebel, die beide gegen ihre Mitte viel heller sind.

Digitized by Google

AR = 12ᴬ 17′, P = 55° 32′, nahe wie der Vorhergehende, nur größer. Das Ganze der beiden Nebel ist 10 Min. lang und 3 Min. breit.

AR = 12ᴬ 28′, P = 77° 52′. Ein sehr schöner Doppelnebel; beide sind hell, rund und gegen die Mitte lichter. Ihre Durchmesser sind 45 und 60 Sec.

AR = 15ᴬ 0′, P = 69° 28′. Beide Nebel sind elliptisch und gränzen beinahe an einander.

§. 248. (Planetarische Nebel.) Diese sonderbaren Himmelskörper erscheinen uns, ganz so wie die Planeten, als kreisrunde, nur selten etwas ovale, scharf begränzte Scheiben von mehreren Secunden im Durchmesser, die durchaus dasselbe, gleich starke Licht haben, ohne gegen ihren Mittelpunkt, wie die vorhergehenden, an Helle zuzunehmen. Zuweilen jedoch ist auch ihr Umkreis noch mit einem concentrischen nebeligen Rande, gleich einer ringförmigen Atmosphäre, umgeben. Die Oberfläche dieser Körper ist mit einem leichtschuppigen oder flockigen Lichte überzogen, wodurch aber das Charakteristische ihres Anblicks, die Gleichförmigkeit der Beleuchtung aller ihrer Theile, nicht wesentlich gestört wird. Die Natur und Bestimmung dieser Wesen scheint sehr räthselhaft zu seyn. Sind sie, wie man kaum zweifeln kann, selbstleuchtende Körper, so muß der Glanz ihres Lichts weit unter dem unserer Sonne stehen. Eine Kreisfläche unserer Sonnenscheibe von zwanzig Secunden im Durchmesser würde schon ein Licht geben, gleich dem von hundert vereinigten Vollmonden, während doch jene Nebel mit freien Augen noch nicht einmal bemerkt werden können, und während ein Körper von dieser Ausdehnung, wenn er auch nur eben so weit als der nächste Fixstern von uns entfernt wäre, die Bahn des Uranus an Größe übertreffen müßte. Vielleicht ist ihr Licht von einer ganz andern Art, etwa bloß phosphorescirend oder nur der äußersten Oberfläche dieser Körper angehörend; vielleicht ziehen sie, eben durch ihre ungeheure Masse, ihr eigenes Licht mit einer solchen Kraft an sich, daß dasselbe nicht mehr ungehindert ausströmen kann; vielleicht bestehen sie selbst nur aus hohlen, durchsichtigen, mit Gasarten gefüllten Kugelschaalen und was dergleichen Vermuthungen mehr seyn mögen, die wir besser der Phantasie der Leser überlassen wollen. Häufig sieht man sie von kleinen, ihnen sehr nahe stehenden Fixsternen umgeben, die vielleicht die Satelliten dieser außerordentlichen Weltkörper sind. Künftige Beobachtungen werden uns diese wunderbaren Wesen näher kennen lehren.

AR = 5ᴬ 33′, P = 81° 0′, Ein planetarischer, etwas elliptischer Nebel, am Rande etwas unbestimmt.

AR = 7ᴬ 34′, P = 104° 20′, ein runder plan. Nebel von 20 Sec. Durchmesser, von schwachem, aber durchaus gleichförmigem Lichte, mit einem feinen Sternchen in der Mitte.

AR = 12ᴬ 44′, P = 16° 12′. Rund, schwach beleuchtet, 30 Sec. im Durchmesser, mit einer regelmäßigen, schwachen Atmosphäre von 10 Sec. Höhe.

AR = 14ᴬ 59′, P = 70° 54′. Ein runder plan. Nebel von ungewöhnlicher Größe; sein Diameter beträgt volle sechs Minuten. Er ist mit einem concentrischen, gut begränzten Nebel umgeben. Das ganze Bild scheint im schwachen, sternartigen Lichte zu scintilliren.

AR = 18ᴬ 4′, P = 83° 11′. Schöne, runde, scharf begränzte, hell

Digitized by Google

glänzende Scheibe über 8 Minuten im Durchmesser; das Licht ist weiß und durchaus gleich stark und schwach sternartig.

AR = 19^h 34′, P = 104° 33′. Trübe, runde Scheibe von 10 Sec. Durchmesser Das gleichförmige Licht derselben ist nicht sternig und von sonderbarem Ansehen. Sehr nahe bei diesem Nebel stehen zwei Sternchen. Fig. 76 Nro. 13.

AR = 20^h 9′, P = 59° 58′. Einer der größten planetarischen Nebel von 15 Min. Diameter; vollkommen rund und gleichförmig beleuchtet. Da er in der Mitte etwas dunkler scheint, so ist er vielleicht ein ringförmiger Körper.

AR = 20^h 15′, P = 70° 26′. Schön, hell, vollkommen rund, durchaus gleichförmig beleuchtet. Durchmesser von zwei Secunden. Vier kleine Sterne umgeben ihn, wie Satelliten.

AR = 20^h 55′, P = 102° 2′. Vollkommen runde, gleich lichte Scheibe, Durchmesser fünf Minuten.

AR = 23^h 18′, P = 48° 24′. Ein planetarischer, ganz runder Nebel von 12 Sec. Diameter. Sein Licht erscheint nicht sowohl nebelartig, sondern wie ein Stern außer dem Brennpunkte des Fernrohrs. Die Farbe des Lichtes ist weißblau, und in der Nähe des Nebels befindet sich ein Doppelstern.

§. 249. (Sternnebel.) Unter dieser Benennung versteht man eigentliche, hell glänzende Fixsterne, die aber mit kreis- oder kugelförmigen Nebeln umgeben sind. Sie sind vielleicht in ihrer Bildung weiter vorgerückte, bereits abgerundete und aufgehellte Kernnebel, in welchen sich der früher noch matte und weit verbreitete Lichtkern zu einem hellen Lichtpunkte, zu einem eigentlichen Fixsterne gebildet hat.

AR = 0^h 4′, P = 18° 25′. Ein Stern der X. Größe mit einer runden, gut begränzten Atmosphäre von 20 Sec. Durchmesser umgeben.

AR = 5^h 49′, P = 59° 40′. Ein Stern der IX. Größe mit einem schwachen kreisförmigen Nebel von 75 Sec. Durchmesser umgeben. Mehrere sehr nahe liegende Sterne sind ganz nebelfrei.

AR = 5^h 28′, P = 91° 19′. Ein schöner Fixstern in einem sehr großen Nebel von 24 Min. Durchmesser eingehüllt. In der Nähe von ε Orionis.

AR = 6^h 23′, P = 79° 44′. Ein Stern der XI. Größe, von einem runden, milchigen Nebel, dessen Rand verwaschen, umgeben. Das Licht des Sterns selbst ist trüb.

AR = 7^h 19′, P = 68° 45′. Ein Stern der VIII. Größe genau in der Mitte eines runden, lichten Nebels von 25 Sec. Durchmesser. Man sehe Fig. 75 Nro. 4.

AR = 10^h 16′, P = 71° 59′. Ein Stern der IX. Größe in einem elliptischen Nebel. Der Stern ist nicht in dem Mittelpunkte des Nebels.

AR = 12^h 16′, P = 84° 7′. Ein Stern der IX. Größe mit einer hellen, runden Atmosphäre umgeben. Schon im Zwielichte sichtbar.

AR = 12^h 29′, P = 75° 17′. Ein heller Stern der IX. Größe mit mehreren kleineren, alle in einen feinen Nebel eingehüllt.

AR = 12^h 42′, P = 63° 34′. Ein Stern oder doch ein sehr kleiner

Digitized by Google

und hell glänzender Kern in einer großen ovalen Atmosphäre. (M. s. Fig. 75 Nro. 1.)

AR = 19ᴬ 40′, P = 39° 54′. Ein Stern der XI. Größe in einer runden, lichten Atmosphäre von 4 Sec. Durchmesser.

AR = 23ᴬ 13′, P = 29° 45′. Ein Stern der IX. Größe mit einem runden, lichtschwachen Nebel umgeben.

Mehrere von den hieher gehörenden, meist runden oder elliptischen Nebeln erscheinen auch als Hüllen von doppelten und selbst mehrfachen Sternen. Dergleichen sind

AR = 1ᴬ 8′, P = 32° 34′. Ein Doppelstern; der größere X. Größe; die Distanz beider 12 Sec. Er steht in der Mitte eines großen, runden Nebels.

AR = 1ᴬ 43′, P = 50° 7′. Ein feiner Doppelstern mit einer runden Atmosphäre von 20 Sec. Durchmesser.

AR = 5ᴬ 20′, P = 55° 53′. Ein dreieckiger Nebel, der in seiner Mitte einen dreifachen Stern (Tripelstern) umschließt. Die drei Sterne sind der XI., XII. und XIV. Größe, und die drei Seiten des Dreiecks betragen jede nahe 4 Sec. Fig. 76 Nro. 14.

AR = 6ᴬ 56′, P = 101° 4′. Ein Doppelstern in der Mitte eines runden Nebels.

AR = 12ᴬ 48′, P = 67° 23′. Ein Doppelstern von einem hellen, runden, großen Nebel von 6 Min. Durchmesser umschlossen. Neben dem Stern ist eine schwarze Stelle, vielleicht eine Oeffnung im Nebel.

AR = 21ᴬ 39′, P = 24° 41′. Ein Tripelstern in der Mitte eines schwachen, schlecht begränzten Nebels.

Oefter sieht man auch vier, fünf und mehrere zerstreute Sterne sämmtlich in einem Nebel eingehüllt, wie Fig. 75 Nro. 7 und selbst schon eigentliche runde Sterngruppen von einem kugelförmigen Nebel umschlossen, wie Nro. 8. Oft zieht dieser Nebel wie ein schmales, langes Band über mehrere Sterne hin und verbindet sie zu einem gemeinschaftlichen Ganzen. Zuweilen stehen zwei helle Sterne an den beiden Scheiteln oder auch nahe bei den beiden Brennpunkten eines elliptischen Nebels, wie in Nro. 5 und 6. In den meisten Fällen zeigt schon der bloße Anblick dieser sonderbaren Gebilde, daß Nebel und Sterne zusammen gehören und gleichsam ein abgeschlossenes System für sich bilden. Wo diese Sterne in der Mitte eines abgerundeten Nebels liegen, wie in den meisten vorhergehenden, kann diese innigere Verbindung beider Gegenstände nicht mehr bezweifelt werden. Aber auch dann, wenn die Sterne von den Nebeln abgesondert stehen, ist doch ihre Stellung oft so auffallend, daß sie nicht ohne die größte Unwahrscheinlichkeit dem bloßen Zufalle oder einer optischen Täuschung zugeschrieben werden kann, wie wir sogleich näher sehen werden.

§. 250. (Sterne mit Nebelstrahlen.) Bei diesen Himmelskörpern steht der Fixstern meistens sehr nahe an der einen Gränze des Nebels, welcher letzte oft die verschiedensten Gestalten annimmt, wie folgende Beispiele zeigen:

AR = 1ᴬ 40′, P = 84° 56′. Ein Fixstern IX. Größe an dem äußersten Ende eines sehr feinen, geradlinigen, schmalen Nebelstreifens.

AR = 6ᴬ 30′, P = 81° 7′. Ein Stern XII. Größe mit einem lichten

Digitized by Google

Nebelschweif von 60 Sec. Länge, dem eines Kometen ähnlich. (M. s. Nro. 2.)

AR = 8^h 26′, P = 105° 34′. Ein Stern der XIV. Größe mit einem Nebelpinsel von 15 Sec. Länge.

AR = 8^h 47′, P = 35° 35′. Ein Stern XI. Größe mit einem lichten fächerartigen Nebelanhang. In dem Nebel selbst ist noch ein feines Sternchen sichtbar. Fig. 76 Nro. 15.

AR = 10^h 54′, P = 70° 57′. Ein Stern IX. Größe mit einem schwachen Nebelstreifen von 30 Sec. Länge.

AR = 11^h 11′, P = 75° 28′. Ein sehr langer, schmaler Nebelstreifen, 15 Min. lang, 1 Min. breit. In der Mitte heller mit einem feinen Stern. Man sehe Nro. 3.

AR = 12^h 7′, P = 75° 54′. Ein sehr heller elliptischer, spindelförmiger Nebel; in seinem lichten Kern ist ein kleiner Fixstern. Aus dem Kern fließt ein Lichtstrahl von 7 Min. Länge. Fig. 76 Nro. 16.

AR = 12^h 28′, P = 63° 4′. Ein sehr langer Streifen mit einem schwachen Kern, in dessen Mitte ein Stern der XI. Größe. Länge 15 Min., Breite ½ Min. Ihm nahe und parallel ein ähnlicher kleinerer Nebel. Fig. 76 Nro. 17.

AR = 12^h 36′, P = 56° 31′. Ein sehr langer, elliptischer oder spindelförmiger Streifen mit einem schwachen Kern, in dessen Mitte ein helles Sternchen. Der Streifen ist 15 Min. lang und an dem einen Ende gekrümmt.

AR = 12^h 52′, P = 86° 35′. Ein Stern der X. Größe, an welchem das Ende eines kleinen ovalen Nebels hängt.

AR = 12^h 36′, P = 56° 54′. Zwei lange Nebelstreifen, die sich an ihren Enden beinahe senkrecht schneiden.

AR = 12^h 51′, P = 54° 13′. Ein schwacher, kleiner elliptischer Nebelstrahl, der zwei Sterne der X. Größe an seinen Endpunkten verbindet. (Fig. 75 Nro. 6.)

§. 251. (Ringförmige Nebel.) Diese sonderbaren Gebilde gehören vielleicht zu den wunderbarsten Gegenständen des Himmels, aber keineswegs zu den seltensten. In unserem Planetensystem erblicken wir nur ein Beispiel, bei Saturn; denn die Muthmaßung des doppelten Rings, den der ältere Herschel bei Uranus gefunden hatte, ist zu ungewiß und von seinen Nachfolgern gänzlich unbestätiget geblieben. In der Sternenwelt aber sind bereits mehrere solcher Ringe aufgefunden worden, an deren Existenz nicht weiter gezweifelt werden kann.

AR = 2^h 12′, P = 48° 26′ ist ein sehr feiner, stark elliptischer Nebelstrahl von 4 Min. Länge und 40 Sec. Breite. In der Mitte desselben bemerkt man eine längliche dunkle Stelle und in derselben zwei kleine Sterne. Wahrscheinlich ist diese Stelle eine Oeffnung des Ringes, dessen Ebene sehr schief gegen die Sonne liegt, daher er mehr unter der Gestalt eines elliptischen Streifens erscheint. Fig. 76 Nro. 18.

AR = 13^h 22′, P = 41° 55′; ein sehr merkwürdiger Gegenstand. Ein runder lichter Kern ist in einiger Entfernung von seinem Rande mit einem concentrischen Nebelringe umgeben. Die Ebene dieses Ringes scheint um einen seiner Durchmesser um-

Digitized by Google

gebogen, so daß die beiden Ebenen einen Winkel von nahe 45 Graden unter einander bilden. Fig. 76 Nro. 19.

AR = 18^h 47′, P = 57° 11′; der schöne Ringnebel im Sternbilde der Leyer. Der äußere Durchmesser des Ringes beträgt 6′/$_2$ Secunden. Die innere Oeffnung desselben ist nicht ganz dunkel, wie der äußere Hintergrund des Himmels, sondern selbst wieder von einem andern, schwächeren Nebel erfüllt. Das Ganze hat das Ansehen eines über einen Reifen gespannten Schleyers. Er ist zwischen den großen Sternen β und γ der Leyer. Fig. 76 Nro. 20.

Hieher gehören wohl auch jene Nebel, die in ihrem Innern dunkle Stellen haben, welche Stellen wahrscheinlich Oeffnungen des Nebels sind, durch welche man den Himmel sehen kann.

AR = 12^h 31′, P = 100° 40′. Ein heller, elliptisch gebauter Nebel, 5 Min. lang, ′/$_2$ Min. breit. Der lichtere Kern scheint von dem eigentlichen Nebel gesondert zu liegen, da er von ihm durch eine dunkle Kluft getrennt ist. Ueber das ganze sonderbare Gebilde ist ein elliptisch geformter Nebel feinerer Art verbreitet.

AR = 12^h 48′, P = 67° 23′. Ein heller, wenig elliptischer Nebel von 6 Min. Länge, 5 Min. Breite. Der lichte Kern enthält einen Doppelstern, und neben dem Kern ist eine schwarze Höhle, eine dunkle Oeffnung im Nebel.

AR = 17^h 52′, P = 113° 1′. Ein gabelförmig dreigespaltener Nebel mit einem Doppelstern in seiner Hauptstelle, neben welchem eine dunkle, unregelmäßige Oeffnung. Fig. 76 Nro. 21.

Hieher gehört auch der merkwürdige große Nebel im Orion (AR = 5^h 27′, P = 95° 30′), von welchem wir sogleich besonders sprechen werden.

Nachdem wir auf diese Weise die verschiedenen Gattungen der Nebelmassen des Himmels nach ihren Gestalten im Allgemeinen betrachtet haben, ist uns noch übrig, einige andere besonders merkwürdige einzeln anzuführen, da sie sich nicht wohl unter eine der vorhergehenden Klassen bringen lassen und auch, wegen ihrer besondern Wichtigkeit, eine eigene Betrachtung verdienen.

§. 252. (Die Gruppe im Haupthaare der Berenice.) Dieses Sternbild enthält sehr viele Sterngruppen und Nebel, aber der merkwürdigste unter ihnen ist wohl der in AR = 13^h 4′, P = 70° 56′. Diese Gruppe ist vollkommen rund, hat 5 Min. Durchmesser und enthält eine unzählige Menge von sehr dicht gedrängten Sternen der XII. bis XX. Größe. Offenbar einer der schönsten Gegenstände des gestirnten Himmels. Er kann uns hier zugleich als Beispiel dienen, wie verschieden die Beschreibungen eines und desselben Gegenstandes sind, wenn er mit schwachen oder mit sehr lichtstarken Fernröhren beobachtet wurde. Messier, der die Gruppe mit einem sonst schon guten Fernrohre von 3′/$_2$ Zoll Oeffnung betrachtete, sagt von ihr, daß sie ein sternleerer Nebelfleck sey, nebuleuse sans étoiles, der ihm rund und ziemlich hell erscheine. Der ältere Herschel aber, der diese Gruppe mit seinem zwanzigfüßigen Telescope beobachtete, setzt ihr in seinem Tagbuche folgende Note bei: „Eine Gruppe von „äußerst dicht gedrängten Sternen und einer der prachtvollsten Gegen„stände, die ich je am Himmel gesehen habe. Ich sehe sie unter der Ge„stalt einer gediegenen Kugel, zusammengesetzt aus sehr kleinen, beinahe

Digitized by Google

„an einander liegenden Sternen, deren Glanz in einander fließt und sich „wie ein Lichtmeer über das Ganze ergießt.“ Der jüngere Herschel machte zwanzig Jahre später zu seiner Beobachtung derselben Gruppe die Bemerkung: „Ein ungemein schöner Gegenstand, die Sterne in ihm „sind sehr klein von der XII. bis XX. Größe und stehen sehr nahe an „einander. Das Ganze ist mehr unregelmäßig rund, als kugelartig, „und der Rand desselben ist mit schwach beleuchteten auslaufenden An„sätzen versehen, die wie Füße und Scheeren eines Krebses von dem „Hauptkörper austreten. Die Sterne in dieser Gruppe sind in der That „unzählbar.“ — Welche Beschreibungen dieser Himmelskörper werden unsere Nachkommen zu erwarten haben, wenn einmal ihre Fernröhre einen noch höhern Grad der Vervollkommnung erreicht haben werden.

§. 253. (Zwitternebel.) Man wird schon bei der vorhergehenden Aufzählung der einzelnen Klassen von Nebeln bemerkt haben, daß einige von ihnen auf der Gränze von zwei benachbarten Gattungen stehen. In der That ist, bei einer so großen Verschiedenheit der Formen, eine genaue Sonderung derselben beinahe unmöglich. Einen recht auffallenden Beweis dazu gibt der Nebel, AR = 6^h 32′, P = 79° 58′ im Kopfe des Einhorns oder unter den Füßen der Zwillinge. Dieser Gegenstand stellt sich dem Auge auf den ersten Blick als ein Nebelstern dar, als ein heller Stern der V. Größe in einen runden Nebel eingehüllt. Allein ein besseres Fernrohr und eine aufmerksamere Betrachtung des Gegenstandes zeigt noch 15 andere kleine und eine Anzahl noch viel feinerer Sterne, die alle von jenem Nebel umschlossen werden. Einer jener 15 Sterne ist zugleich ein Doppelstern. Dieser Himmelskörper ist also zugleich ein Nebel, ein Nebelstern, eine Sterngruppe und ein Doppelstern.

Ein anderer nicht minder räthselhafter Gegenstand ist in AR = 20^h 50′, P = 60° 26′, ein Nebel von nahe 30 Min. Länge und 2 Min. Breite. Einzelne Stellen des Nebels sind dicht mit sehr kleinen Sternen besäet; der Nebel hängt offenbar mit diesen Sternen zusammen und sieht doch durchaus nicht sternig aus. Das Ganze gleicht einem feinen Netze von Sternen, über das ein dünner Schleyer gezogen ist.

Eine der merkwürdigsten Nebelgestalten ist die in AR = 19^h 52′, P = 67° 43′. Fig. 76 Nro. 22. Wenn man in einer Ellipse, deren große und kleine Axe sich nahe wie 4 zu 3 verhalten, aus den beiden Brennpunkten der großen Axe als aus Mittelpunkten Kreise zieht, deren Durchmesser gleich einem Drittheile der großen Axe sind, so werden die Bogen dieser Kreise um den Mittelpunkt der Ellipse einen Theil derselben begränzen, der in jenem Himmelskörper mit einem sehr hellen und durchaus gleichförmigen Nebel ausgefüllt ist, während die beiden übrigen äußeren Theile der Ellipse mit einem schwachen, matt dämmernden Nebel angefüllt sind. Das Ganze hat die Gestalt einer Ellipse, durch deren Mitte jener lichte Nebel in der Form eines) (zieht. Beide Nebel sind, so wie das ganze Bild, zu beiden Seiten des Mittelpunktes der Ellipse sehr symmetrisch gebaut.

§. 254. (Nebel in der Andromeda.) Dieser große und merkwürdige Nebel ist in AR = 0^h 33′, P = 49° 40′. Er wurde zuerst von Simon Marius im Jahr 1612 bemerkt und hat die Gestalt einer sehr länglichen Raute, deren größte Diagonale 30 Min. beträgt. Marius vergleicht, nicht unangemessen, sein Licht mit dem einer Kerze, das durch ein dünnes Hornblatt scheint. Dieses Licht nimmt gegen den Mittelpunkt zu, anfangs langsam, dann schnell, doch ist es auch im Mittelpunkte selbst noch nicht sternig, sondern offenbar ein nur stärker conden-

Digitized by Google

firtes Nebellicht, das die Vermuthung, daß das Ganze nur aus sehr entfernten Sternen bestehe, sehr unwahrscheinlich macht. Dieser Nebel ist vollkommen milchig, gänzlich unauflösbar und ohne alle Spuren von Schuppen oder Flocken. Man kann ihn schon mit unbewaffneten Augen bemerken. M. s. Fig. 79.

§. 255. (Der große Nebel im Orion.) Dieser merkwürdigste aller Nebel ist in AR = 5^h 27′, P = 95° 30′ bei ϑ Orion, vier Grade unter dem mittleren der drei in einer geraden Linie liegenden Sterne δ, ε und ζ, die unter dem Namen des Jakobsstabes bekannt sind. Er wurde zuerst von Huygens im Jahr 1659 beschrieben und abgebildet. Spätere Beschreibungen und Zeichnungen desselben Gegenstandes haben wir von Derham, Godin, Mairan, Picard, Legentil und Messier. In den neuern Zeiten hat sich Schröter und zuletzt der jüngere Herschel vorzugsweise damit beschäftiget, und der Letztere hat in den Mem. of the astron. Society eine Zeichnung dieses Nebels gegeben, die alle andern an Genauigkeit und Schönheit der Ausführung weit hinter sich zurücklässt. Man sieht davon eine verkleinerte Abbildung in Fig. 74.

Dieser Nebel ist durch die Schönheit seines Anblicks, durch die Eigenthümlichkeit seiner Gestalt, durch die sonderbare Abwechslung des auf ihm vertheilten Lichtes, durch seine große Ausbreitung und durch das Unerklärbare seines ganzen Wesens vor allen anderen ausgezeichnet. Legentil vergleicht seine Gestalt nicht unangemessen mit der des geöffneten Rachens eines Thiers. Ein Theil dieses Nebels ist ungemein hell, ein anderer sehr blaß und matt, und wieder ein anderer ganz dunkel bis zur völligen Schwärze. Der hellste Theil scheint nicht sowohl in einem stätigen Lichte zu glänzen, als vielmehr in beweglichen Flammen zu lodern. Die dunklen Stellen sind von den hellen, ohne Abstufung des Lichtes, scharf getrennt. Die in diesem Nebel, selbst in den helleren Theilen desselben stehenden Fixsterne zeichnen sich alle durch einen besonders lebhaften Glanz aus, und ihre Stellung scheint eine besondere Beziehung auf den Nebel selbst zu haben. Eben so findet man zur Seite dieses Nebels nach allen Seiten eine Menge größerer und kleinerer Sterne, die sämmtlich nur in einem düstern Lichte schimmern und mit eigenen Nebelatmosphären umgeben sind, wie denn überhaupt diese ganze Gegend des Himmes an Nebeln ungemein reich ist.

Um einige der vorzüglichsten Theile dieses großen Nebels näher anzugebne, bemerken wir zuerst das sogenannte Trapez, ein fast regelmäßiges Viereck, von vier Sternen gebildet, von welchen der eine, ϑ Orion, der IV., und die drei anderen der VI., VII. und VIII. Größe sind. Dieser vierfache Stern ist von einem sehr hellen Nebel umgeben, der aber nicht bis zu diesen Sternen selbst vordringt, sondern sich vielmehr von ihnen nach allen Seiten zurückgezogen zu haben scheint, so daß dieses Trapez selbst, in seinen nächsten Gränzen, mit einer Dunkelheit eingeschlossen ist, auf welche dann erst jene helle Umgebung folgt. Es scheint, als ob der Nebel durch die Attraction oder Absorbtion der Sterne zu diesem letzteren übergegangen wäre. Eine ähnliche Erscheinung gab uns auch der bereits oben (Fig. 76 Nro. 21) erwähnte Nebel im Schützen (AR = 17^h 52′, P = 113° 1′), der in drei Theile gespalten ist, deren Trennungslinien einen leeren Raum einschließen, in dessen Mitte ein Doppelstern steht.

In diesem Trapez hat man vor einigen Jahren einen kleinen, feinen Stern entdeckt, der jetzt in starken Fernröhren sehr gut zu sehen ist,

Digitized by Google

während er früher gewiß unsichtbar war, da kein Astronom desselben erwähnte, obschon ohne Zweifel alle dieses Trapez wiederholt und mit Aufmerksamkeit betrachtet hatten. Ist dieser Stern an jenem Orte neu entstanden, oder ist er seitdem an Licht gewachsen? Wenige Jahre später sah der jüngere Herschel noch einen sechsten, sehr kleinen Stern bei diesem Trapez, der von ϑ nur 5 bis 6 Secunden absteht.

Die Huygen'sche Region dieses Nebels liegt südwestlich vom Trapez; eine helle Stelle in der Form eines rechtwinkligen Dreiecks. Die Erleuchtung dieser Stelle ist nicht gleichförmig, sondern schuppen- oder flockenartig, nahe wie die Oberfläche der Sonne in guten Fernröhren erscheint; nur ist in dem Nebel die Körnung gröber, und die Flocken sind nicht rund, sondern länglich und büschelartig. Ein geübtes Auge bemerkt bald, daß dieses Licht nicht von vereinten, sehr weit entfernten Sternen kommen kann. Aber man wird auf die Vermuthung geleitet, als ob der Nebel hier aufgebrochen und in mehrere Theile getrennt sey.

Die schwachneblige Region steht an der Südgränze der vorigen; eine Stelle, ganz mit schwachem Nebel bedeckt, der sich stufenweise in Dunkel verliert. Nahe bei ihr sind drei Sternchen, die nach den früheren Beschreibungen ehedem noch ganz innerhalb dieses Nebels lagen, so daß es scheint, als habe der letzte sich auch von diesen Sternen zurückgezogen.

Legentil's Bucht, eine ganz finstere krumme Einbeugung, die in den früheren Zeichnungen eine andere Gestalt hatte, als jetzt.

Messier's Arm, ein weitauslaufender Nebelast, der sich gegen Südwest erstreckt. Ein zweiter, kleiner Arm liegt nördlicher und geht gerade nach Westen.

Mairan's Nebel, ein abgesonderter Nebel neben dem großen. Er liegt nördlich von den beiden Armen Messier's.

Picard's Region liegt nördlich vom Trapez und gränzt an dieses und an die große Bucht, zeichnet sich durch die sonderbaren Fasern und durch einen kleinen, nahe stehenden, isolirten Nebel aus, der sich in einen Stern zusammen zu ziehen scheint.

Derham's Region, östlich vom Trapez. Von dem Trapez gehen Strahlen gleich Kometenschweifen aus, die sich allmählig in die zarte Nebelgegend verlieren, welche, noch weiter östlich, Fouchy's Region ausfüllt. In dieser letzten verwäscht sich der Nebel allmählig bis zur völligen Dunkelheit.

In der beigegebenen Zeichnung, diese als das Bild eines geöffneten Thierrachens betrachtet, und den nördlichen Theil des Nebels als den unteren angesehen, steht das Trapez dicht an dem durch die große Bucht gebildeten Rachen; die Huygen'sche Region bildet die Stirn und den Hinterkopf; der letztere ist durch den Einschnitt, Legentil's Bucht, ausgezeichnet. Als untere Kinnlade des Rachens erscheint die Region Picard's, und gerade hinter dem Rachen liegt Derham's Region. Oberhalb des Rachens erstreckt sich der Schnabel des Thieres in zwei lange Rüssel weit nach Südwest vorwärts. Der obere oder größere Rüssel ist stärker gekrümmt. Unterhalb des Schnabels endlich, in ziemlicher Entfernung von ihm, liegt Mairan's Nebel.

In dem dunkelsten Theile dieses Nebels sah Schröter öfter ein feines Sternchen schimmern, und ein andermal bemerkte er in ihm einen früher und später nicht mehr sichtbaren, pyramidalischen Lichtnebel. Im Jahre 1800 sah derselbe Beobachter eine große, helle Lichtkugel auf einer

Digitized by Google

Stelle, wo er früher nichts dieser Art gesehen hatte, aber schon nach wenigen Tagen war auch diese Kugel wieder verschwunden. Wenn diese Beobachtungen, dergleichen wir von Herschel keine erwähnt finden, gegründet sind, welche Veränderungen müssen in diesen Himmelskörpern vor sich gehen, da sie uns, in einer so großen Entfernung, noch so bedeutend erscheinen!

§. 256. (Magellan's Flecken oder Kohlensäcke.) Auch in der südlichen Hemisphäre des Himmels gibt es mehrere sehr merkwürdige Gegenstände dieser Art, die aber bisher noch weniger bekannt sind, da es in den Gegenden jenseits des Aequators unserer Erde bisher noch zu sehr an Beobachtern fehlte. Lacaille im vorigen, und Dunlop im gegenwärtigen Jahrhunderte haben uns bereits mehrere derselben mitgetheilt; aber eine noch weit reichere Ernte wird ohne Zweifel der jüngere Herschel zurückbringen, der erst in dem Jahre 1834 eine Reise nach dem Cap der guten Hoffnung gemacht hat, um dort durch längere Zeit mit seinen vortrefflichen Instrumenten den südlichen Himmel zu untersuchen.

Hier erwähnen wir nur der sogenannten Magellansflecken, die auch die Kap-Wolken oder die schwarzen Wolken, und von den brittischen Seeleuten die Kohlensäcke genannt werden. Sie haben ihre Benennung von der dunklen Farbe, die wahrscheinlich von der gänzlichen Sternleerheit dieser Gegenden kömmt. Sie sind sehr auffallend, und ihre Oberfläche nimmt mehrere Quadratgrade ein. Ihrer sind zwei. Die große schwarze Wolke geht von AR = 12^h 21′ bis 13^h 5′ und von P = 151° bis 154° und liegt an der Ostseite des südlichen Kreuzes. Die doppelte kleine schwarze Wolke ist in AR = 10^h 40′ und P = 152° nahe bei der Karlseiche. Beide dunkle Flecken stehen mitten in einem sehr hellen Theile der Milchstraße. In der Fig. 76 Nro. 23 ist A das südliche Kreuz und B,B,B die große und die zwei kleinen Magellansflecken mitten in der Milchstraße, südlich unter der Mitte des Sternbildes des Centaurs. D und D sind zwei Sterngruppen oder hellere Nebelflecken außerhalb der Milchstraße.

Mit diesen schwarzen Wolken dürfen nicht verwechselt werden die beiden südlichen Wolken (nubecula major et minor), die beide helle, ausgebreitete Nebel sind und weit von der Milchstraße abstehen. Die große südliche Wolke geht von AR = 5^h 7′ bis 6^h 0′ und von P = 159° bis 161° und liegt ganz nahe an dem Südpole der Ekliptik; die kleine südliche Wolke aber ist in AR = 1^h 50′ und P = 163° 10′. Diese beiden lichten Stellen des Himmels sind, so wie die meisten hellen Theile der Milchstraße, durch eine große Anzahl von teleskopischen Sternen ausgezeichnet.

Unter den eigentlichen Nebelmassen des südlichen Himmels ist der merkwürdigste in AR = 10^h 36′, P = 148° 40′ bei dem Stern η in der Karlseiche. Lacaille hat ihn entdeckt, und erst in unseren Tagen hat Dunlop in den Philos. Transact. für 1827 eine Beschreibung und Zeichnung desselben gegeben. Von der letzten sieht man eine verkleinerte Darstellung in der Figur 73. Er hat die Gestalt einer Keule, und über ihm sieht man einen Theil der Milchstraße.

§. 257. (Entstehung und Ausbildung dieser Himmelskörper.) Es wird uns wohl immer unmöglich seyn, die Natur dieser wundervollen Körper des Himmels zu ergründen. Aber man kann sich, schon bei dem ersten Anblicke derselben, der Vermuthung kaum entziehen, daß sie auf verschiedenen Stufen ihres Wachsthums und ihrer Ausbildung stehen. Wie ein aufmerksamer Beobachter, wenn er einen Garten betritt, in welchem er

Digitized by Google

Tausende von Pflanzen jeder Art und jedes Alters mit einem Blicke übersieht, wie er in diesen Abstufungen ihres Wachsthumes selbst die allmählige Entwicklung dieser Pflanzen erkennt, ohne eben jede einzelne derselben, von ihrer Entstehung bis zu ihrem Untergange, mühsam verfolgt zu haben, eben so werden auch wir, wenn wir den endlosen Garten des Himmels und die unzähligen Gewächse desselben in den verschiedenen Graden ihrer Entwicklung erblicken, aus eben diesen Mannigfaltigkeiten selbst uns ein Bild von dem allmähligen Wachsthume dieser Körper entwerfen können. Denn auch dieses Sternheer ist doch wohl eben so wenig, wie jener Garten, und wie alle Werke der Natur, urplötzlich in derselben Gestalt entstanden, in welcher wir es jetzt vor uns sehen. Diese Himmelskörper bedürfen vielleicht Millionen von Jahren, um sich zu einer bestimmten und geregelten Form auszubilden — aber sie sind demungeachtet nicht weniger Kinder der Zeit, und was in ihr entstanden ist, muß auch ihr Gepräge tragen, muß der allmähligen Entwicklung, und auch, wenn diese vollendet und ihre Bestimmung erfüllt ist, dem Untergange unterworfen seyn.

Auf welche Weise diese Entwicklung vor sich geht, und durch welche Kraft sie bewirkt wird — wir wissen es nicht von den Körpern unserer Erde, die uns zunächst umgeben, wir wissen es von uns selbst nicht — wie sollten wir es von jenen so weit entfernten und uns in allen Beziehungen so fremden Körpern des Himmels ergründen wollen? Diese Kraft, durch welche die an sich todte, starre Masse belebt wird, und sich selbst durch alle Stufen ihrer Verwandlungen fortbildet, durch welche sie auf ihre eigenen Elemente, die wir mit keinem Mikroscope mehr verfolgen können, so wie auf die entferntesten Körper einwirkt, die kein Teleskop mehr erreicht, — diese Kraft, diese Seele der ganzen Natur, wird uns ewig ein Geheimniß bleiben. Unser Auge wird nie den dichten Schleier durchdringen, welchen die große Mutter aller Dinge vor die beiden äußersten, dunklen Kammern ihrer Werkstätte gezogen hat, in deren einer sie die Entstehung, und in der andern den Untergang, in einer die Geburt, und in der andern den Tod aller ihrer Geschöpfe bereitet.

Uns genüge es, diese Stufenfolgen zwischen jenen beiden äußersten Endpunkten des Lebens aller Wesen, der Erde und des Himmels, mit unseren eigenen Augen gesehen und uns von dem unbestreitbaren Daseyn von Ereignissen, zu deren Evolutionen viele Jahrtausende, vielleicht Millionen von Jahren nöthig waren, während der kurzen Zeit unseres eigenen Lebens überzeugt zu haben. Von jenem ersten, formlosen, weit verbreiteten Urnebel, von jenem altergrauen Chaos, aus dem die Himmelskörper hervorgegangen sind, haben wir beinahe alle auf einander folgende Metamorphosen derselben gesehen, bis zur letzten und höchsten Stufe, bis zu dem eigentlichen, abgerundeten, nebellosen, im reinsten Lichte strahlenden Sterne, ja bis zu jenen wundervollen Gruppen, wo Tausende von diesen vollendeten Sternen, in einem verhältnißmäßig engen, abgeschlossenen Raume, sich in ewig ungestörter Harmonie um einander bewegen. Wir haben gesehen, wie aus jenem chaotischen Urnebel durch Zerreißung, oder vielmehr durch Anziehung überwiegender Stellen desselben, gesonderte Theile entstehen, deren Gestalt zwar noch unbestimmt, deren Licht aber schon kräftiger erscheint. Wenn dann in diesen kleinen Nebeln, die man immer, ihrem Ursprunge gemäß, in ganzen, großen Lagern beisammen findet, die Condensation einzelner Punkte und die Anziehung der benachbarten Nebelmassen weiter fortgeschritten

Digitized by Google

ist, finden wir diese isolirten Nebel schon kleiner, von ihren Nachbarn durch größere Zwischenräume getrennt und gegen ihren Mittelpunkt allmählig an Helligkeit zunehmend. Hier hat sich die Lichtmasse des Ganzen bereits um eine Centralstelle angehäuft, aber diese Stelle selbst ist immer noch Nebel, ausgebreiteter und an ihren Gränzen unbestimmter Nebel. Wieder andere, die vielleicht Millionen von Jahren in ihrer Bildung jenen bereits voraus geeilt sind, haben sich schon zu einer nahe kugelförmigen Gestalt abgerundet, und ihr mehr verdichteter, daher kleinerer und hellerer Mittelpunkt nähert sich bereits dem eigentlichen Sternenlichte, aber dieser Kern ist doch noch mit einer dichten Atmosphäre umgeben, die bisher noch nicht von jenem Centralpunkte aufgenommen und absorbirt werden konnte. In jenem anderen sieht man bereits zwei und selbst mehrere solcher vorherrschenden Stellen, welche sich das Gleichgewicht halten, welche die sie umgebende Nebelmasse unter sich theilen, oder auch vielleicht in einander übergehen werden. Hier sind zwei dieser im Kampfe begriffenen Streiter noch durch ein Nebelband mit einander verbunden, durch welches, wie durch einen Kanal, der Schwächere in den mächtigen Gegner hinüber zu fließen scheint; dort ist jener bereits vernichtet, aber dieser, der Sieger, trägt noch die Spuren seines langen Kampfes und zieht den noch nicht völlig aufgezehrten Nebel in der Gestalt eines Schweifes, eines Fächers oder einer Spindel nach sich u. s. f. — Mit einem Worte: überall bemerken wir bei jenen Himmelskörpern, wie bei denen auf unserer Erde, das Prinzip der Anziehung und ihre beiden Folgen, die Verdichtung und Abrundung, überall bemerken wir diese beiden immer wiederkehrenden Erscheinungen der ganzen Natur, die vereinigende und die formgebende Kraft, die im Kleinen, wie im Großen, durch den ganzen endlosen Weltraum zu herrschen scheint. Wie durch Verdichtung aus der Regenwolke der Wassertropfen entsteht, und wie er, das Gleichgewicht seiner Theile herzustellen, sich abzurunden strebt, eben so und wahrscheinlich durch dieselbe Kraft getrieben, hat sich auch unsere Erde, eben so die Sonne mit ihren Planeten, und eben so auch jenes zahllose Heer von Sonnen gebildet und abgerundet: jene in einer Secunde und diese in Millionen von Jahren. So entstand der Thau, der auf dem Blumenblatte perlt, und eben so entstand unsere Milchstraße und alle die anderen unzähligen Milchstraßen, die nur als Nebelflecken oder Sterngruppen aus den Tiefen des Himmels zu uns herüberschimmern.

Uebrigens liegen die meisten dieser wundervollen Gegenstände weit außer dem Bereiche unserer eigentlichen Beobachtungen, und der Phantasie ist daher noch ein unendliches Feld für ihre Spiele eröffnet. Vielleicht existirt eine Urmaterie, das alte Chaos, nach allen Seiten in dem Weltraume ausgegossen, das sich in unübersehbaren Gefilden gleich einem Nebel lagert, das sich stellenweise in Wolken sammelt und verdichtet, und gleich den letzten, wenn sie vom Winde getrieben werden, verschiedene phantastische Gestalten annimmt, das sich später bis zur Lichterzeugung condensirt, aus dem die eigentlichen Gestirne sich entwickeln, wenn in der That die letzten, wie Herschel meint, nichts als verdichtete Lichtwolken sind. Vielleicht auch, daß dieser Urnebel bloß die Nahrung der eigentlichen Sonnen ist, aus dem sie Licht und Wärme ziehen. — Dieß war wenigstens die Ansicht Newton's, die er einst seinem Freunde Conduit in einem vertraulichen Gespräche mitgetheilt hat. Der ehrwürdige Greis feierte eben seinen dreiundachzigsten Geburtstag. Er hatte vor Kurzem eine heftige Krankheit überstanden und fühlte sich heute stärker und munterer, als lange Zeit vorher. Sein Freund befragte ihn

Digitized by Google

über diese Gegenstände, bei denen er sonst nur ungern verweilte, weil sie der Rechnung nicht unterworfen werden können. Aber in dieser heiteren Stunde schien ihm die Kraft der Jugend wiederzukehren, da ihn doch vielleicht nur die Redseligkeit des Alters beschlich. — Die Leser werden vielleicht nicht ungern hören, was ein Mann dieser Art von jenen Dingen dachte.

Newton sagte mir, so erzählt Conduit, darüber Folgendes, mehr gesprächsweise und in Antwort auf mehrere meiner Fragen, als in fortlaufender Rede: Es ist meine Muthmaßung, denn behaupten könnte ich es nicht, daß es eine Art von Regeneration oder Umwälzung unter den himmlischen Körpern gebe. Vielleicht gehen von der Sonne eigene Dünste aus, die sich mit anderen Materien verbinden und nach und nach in einen Körper sammeln, wodurch die untergeordneten Planeten oder die gegenwärtigen Satelliten entstehen. Auch diese, deren vielleicht vor dem eine große Anzahl gewesen ist, sammeln sich später wieder zu einem Hauptplaneten oder zu einem Kometen. Diese letzten kommen, nach mancherlei Umläufen, der Sonne immer näher, verdichten dadurch ihre flüchtigen Theile und stürzen endlich in die Sonne, um ihr den Verlust wieder zu ersetzen, den sie durch den beständig von ihr ausgehenden Licht- und Wärme-Stoff erleidet. Es ist möglich, daß ein großer, auf diese Art mit der Sonne sich verbindender Komet die Hitze der Sonne so sehr vermehren könnte, daß diese unsere Erde verbrennen und daher kein lebendes Wesen mehr auf ihr getroffen würde. Es ist möglich, daß die wunderbaren neuen Sterne, die Hipparch, Tycho und Kepler an Stellen des Himmels, wo früher kein Stern sichtbar war, plötzlich aufflammen sahen, auf diese Weise in Brand gerathen sind, und daß es einst mit unserer Sonne eben so gehen werde. — Ich glaube, daß es Wesen von viel höheren Geisteskräften, als die unseren, gebe, welche diese Revolutionen der himmlischen Körper unter der Lenkung des höchsten Wesens beaufsichtigen. — Die gegenwärtigen Bewohner unserer Erde scheinen nur erst seit einer sehr kurzen Zeit da zu seyn. Zum Beweise dieser Meinung führe ich nur an, daß alle Künste, die Schrift, die Schifffahrt, die Malerei, die Magnetnadel u. s. erst seit einigen Jahrtausenden entdeckt worden sind, was nicht der Fall seyn könnte, wenn die Menschen schon von jeher da gewesen wären. Auch sieht man auf der Oberfläche der Erde Zeichen von Zerstörungen, die nicht durch eine bloße Wasserfluth bewirkt werden konnten. Ueberhaupt sehe ich alle Planeten als aus derselben Materie bestehend an, wie unsere Erde, nämlich aus Erde, Wasser, Steinen, Metallen u. s. w., aber verschiedentlich vermengt. — Auf die Frage, warum er diese seine Muthmaßungen nicht bekannt gemacht habe, wie es doch Kepler und so viele Andere gethan haben, antwortete er: Ich setze keinen Werth auf bloße Muthmaßungen; auch habe ich in meinen Werken darüber genug gesagt, um meine Meinung erkennen zu lassen.

Wie es aber auch mit diesen und mit allen anderen darüber aufgestellten Meinungen beschaffen seyn mag: so viel scheint gewiß, daß das Prinzip der *Anziehung* und dessen Folge, der *Verdichtung* der Materie, bei der Bildung jener himmlischen Wesen überall vorherrschend ist. In allen Nebeln, die einen eigentlichen Kern oder auch nur eine entfernte Annäherung zu einem solchen zeigen, nimmt das Licht, also auch wohl die Dichtigkeit ihrer Masse, gegen den Kern regelmäßig zu, so daß jede den Kern umgebende, concentrische Schichte auch ihr eigene Beleuchtung hat. Wo immer dieser Kern sehr hell erscheint, ist auch die

Digitized by Google

ihn von Außen noch umgebende Atmosphäre sehr schwach. Ueberdieß erblickt man überall den Hang zu einer regelmäßigen, meistens kugelförmig abgerundeten Gestalt, und Helligkeit und Verdichtung scheint durchaus gleichen Schritt zu halten. Diese Verdichtungen der ursprünglich so weit ausgedehnten Nebelmassen scheinen in jenen Himmelskörpern ganz ungewöhnlich groß zu seyn. Wenn ein Nebel, der früher zehn Minuten Durchmesser nach allen drei Dimensionen hatte, nach vielen Jahrtausenden sich bis zu einer Kugel von einer Minute verdichtet hat, so ist er dadurch tausendmale dichter, als zuvor, geworden, und dieß ist mehr, als das Verhältniß der Dichtigkeit des Wassers zu jener der Luft. Wenn aber derselbe Körper nur mehr unter dem Durchmesser von 15 Sec. erscheint, so hat seine Dichtigkeit 640000mal zugenommen, und er, der in seinem ersten Zustande an losem Zusammenhange seiner Theile vielleicht mit unseren Luftarten noch in keinen Vergleich gebracht werden konnte, wird jetzt selbst die härtesten Körper der Erde, die wir kennen, an Dichte weit übertreffen.

Aber genug, und vielleicht schon mehr als genug von diesen Gegenständen, von welchen wir — warum sollten wir es nicht gestehen? — eigentlich gar keine Kenntniß haben, da sie viel zu groß und viel zu weit von uns entfernt sind, um von uns untersucht oder auch nur begriffen werden zu können. In der That, wie klein, wie nichtig muß uns das Alles erscheinen, was wir bisher etwa groß genannt haben, wenn wir es mit jenen bewunderungswürdigen und unbegreiflichen Wesen in Vergleichung bringen wollen. Wir selbst, die größten und mächtigsten von uns, verschwinden gegen unseren gemeinschaftlichen Wohnort, gegen die ganze Erde: diese Erde verschwindet wieder gegen das Sonnensystem, gegen diese zahllose Welt von Erden, und dieses Sonnensystem — was ist es gegen jene unendliche Menge von Weltsystemen einer noch viel höheren Ordnung, welche den gränzenlosen Raum des Himmels erfüllen, und die so eben vor unserem Blicke vorübergeeilt sind.

Wir haben diesen Himmel und seine Wunder, und in ihnen den Abglanz der unendlichen Allmacht des Schöpfers in seinen Werken gesehen. Aber vermessen wir uns nicht, diese Werke auch schon nach ihrer ganzen Größe erkannt zu haben. Was wir sahen, so groß es auch erscheinen mag, ist doch vielleicht nur ein sehr kleiner Theil von dem, was noch keinem menschlichen Auge erreichbar war; ist nur der Vorhof des unendlichen Tempels der Natur, den noch kein Sterblicher, auch nicht mit den höchsten Mitteln der Kunst und Wissenschaft, durchdrungen hat, oder je durchdringen wird. Wer mag uns sagen, wie viele Welten noch jenseits von denen stehen, die wir, selbst durch unsere stärksten Telescope, nur mehr als schwache, dämmernde Wolken erblicken? Es ist möglich, es ist sogar wahrscheinlich, daß wir die größten Himmelskörper uoch gar nicht kennen, weil sie, wegen ihrer ungeheuren Masse, das Licht nicht mehr von ihrer Oberfläche ausströmen lassen. Vielleicht braucht dieses Licht, seiner entsetzlichen Geschwindigkeit ungeachtet, Jahrtausende, um von anderen Gestirnen bis zu uns zu kommen; und vielleicht konnte es von vielen derselben seit der Zeit, die unsere Erde steht, noch nicht bis zu uns gelangen. Wer weiß es, ob auch nur zu Alexanders oder Moses Zeiten dort oben Alles so gewesen ist, wie wir jetzt es sehen, oder ob nicht vielleicht, nach anderen Jahrtausenden, der ganze Himmel sich mit neuen Sonnen überziehen wird, die zwar

Digitized by Google

ſchon längſt da ſind, aber die noch nicht Zeit gehabt haben, uns ihr Licht zuzuſchicken, ſo wie vielleicht im Gegentheile andere Syſteme eben ſo lange ſchon erloſchen und in ihr Nichts zurückgekehrt ſind, obgleich wir ſie noch immer am Himmel glänzen ſehen, bis endlich auch der letzte Strahl, den ſie ausgeſendet haben, zu uns gelangen wird. So ſehen wir, wohin wir unſere Blicke wenden, Himmelskörper ohne Zahl und ſelbſt in jenen Fernen, wohin unſere Feruröhre nicht mehr dringen, ſelbſt dort, wo alles Licht erliſcht, wo auch das ſchärfſte Auge nichts als Nacht erblicken würde — auch dort noch öffnen ſich andere, eben ſo unabſehbare Räume, und auch dieſe ſind wieder von neuen Welten, von neuen Zeugen der Allmacht ihres Schöpfers erfüllt.

Bientôt à mes regards des cieux inconnus s'ouvrent,
Des régions sans fin devant moi se découvrent;
Carrière illimitée où, par les mêmes lois,
Mille Univers flottans se meuvent à la fois.
Je vois de tout côtés, dans ces plaines profondes
Autour d'autres soleils, graviter d'autres mondes,
Et lorsque, pour peupler les espaces deserts,
Je suis las, d'enfanter de nouveaux univers.
Le Vide encore s'étend et, dans son sein immense,
Par-delà l'Infini, l'Infini recommence.

Lebrun.

Digitized by Google

Dritter Theil:

Physische Astronomie.

Digitized by Google

Digitized by Google

Dritte Haupt-Abtheilung.

Physische Astronomie

oder

Gesetze der himmlischen Bewegungen.

Kapitel I.

Eigenschaften der Körper.

§. 1. (Allgemeine Eigenschaften der Körper.) Wohin wir unsere Blicke wenden, finden wir uns von Dingen umgeben, die auf unsere Sinne einwirken und die wir Körper nennen. Was sind sie, woher kommen und worin bestehen sie, und wie werden wir uns ihres Daseyns bewußt? — Die Metaphysiker haben sich lange darüber gestritten: sie streiten noch, und sie werden es wahrscheinlich immer thun.

Ohne diesen gelehrten Forschern das Vergnügen, unauflösbare Räthsel lösen zu wollen, zu mißgönnen, werden wir uns damit begnügen, dasjenige, was allein in unserer Macht ist: die Wirkungen dieser Körper auf einander, näher kennen zu lernen.

Unsere ersten Begriffe von den Körpern führen uns auf Eigenschaften derselben, die ihnen allen zukommen, an denen wir sie erkennen und ohne die wir sie uns nicht zu denken vermögen. Diese sind Größe, Gestalt und Undurchdringlichkeit.

§. 2. (Größe, Gestalt und Undurchdringlichkeit) Jeder Körper muß einen Raum einnehmen oder ein gewisses Volum haben, wie groß oder wie klein auch dasselbe seyn mag. Darin besteht seine Größe. — Jeder Körper muß ferner diesen seinen Raum auf eine bestimmte Art einnehmen und von dem übrigen Raume durch gewisse Gränzen oder Flächen getrennt seyn, worin seine Form oder seine Gestalt besteht. Endlich können auch zwei oder mehrere Körper nicht zugleich an demselben

Digitized by Google

Orte seyn. Sie können sich wohl verdrängen, um die Orte der verdrängten einzunehmen; sie können sich neben den kleinsten Theilen anderer Körper eindrängen, wie Wasser in den Schwamm, wie Salz in das Wasser; aber diese kleinsten Theile selbst müssen unverändert fortbestehen, und der Ort, den einer dieser Theile einnimmt, kann nicht zugleich von einem andern eingenommen werden, wenn anders unser Begriff vom Körper nicht seine Bedeutung verlieren soll. Darin besteht die Undurchdringlichkeit oder die Impenetrabilität der Körper.

Gestalt und Volum sind zwei verschiedene und von einander unabhängige Eigenschaften jedes Körpers. Das Volum kann bei derselben Gestalt sehr verschieden seyn und umgekehrt. Das Volum der Sonne ist Millionenmal größer, als das der Erde, aber die Gestalt beider ist gleich, da beide Kugeln sind. So können auch zwei Körper, z. B. eine Kugel und ein Würfel sehr verschiedene Gestalten und doch dasselbe Volum, d. h. denselben Rauminhalt haben. Eben so kann die Oberfläche einer Kugel gleich groß mit der einer ebenen Tafel oder die Länge eines Kreisbogens gleich groß mit der einer geraden Linie seyn, während doch die Gestalten dieser Flächen oder dieser Linien sehr verschieden sind.

§. 3. (Besondere Eigenschaften der Körper.) Wenn man aber den Begriff eines Körpers, wie er uns durch die Erfahrung gegeben wird, noch näher untersucht, so findet man, außer jenen allgemeinen Eigenschaften desselben, noch mehrere andere, die ihm zwar nicht mehr nothwendig zukommen, die aber, als Resultate unserer Beobachtungen und wegen ihrer Anwendbarkeit in der Folge, eine besondere Betrachtung verdienen.

§. 4. (I. Porosität.) Das Volum, welches die Körper einnehmen, wird, der Erfahrung gemäß, von den Theilen, selbst von den kleinsten Theilen dieser Körper, nicht vollständig eingenommen; denn diese Theile sind nicht in absoluter Berührung unter einander, sondern sie sind durch Zwischenräume, Poren, getrennt, deren Inhalt selbst nicht zu dem eigentlichen Körper gehört. Das Volum eines jeden Körpers besteht also aus solchen, den Körper constituirenden Theilen desselben und aus den diese Theile trennenden Poren, die entweder leer oder mit andern Substanzen angefüllt sind.

Wenn die Poren eines der Atmosphäre ausgesetzten Körpers größer sind, als die kleinsten Theile, aus welchen die Atmosphäre besteht, so dringt die letzte in jene Poren ein. So sieht man, wenn Holz, Kreide oder Zucker auf den Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes gebracht wird, die durch den Druck des Wassers aus den Poren jener Körper herausgedrängte Luft in der Gestalt von Blasen auf die Oberfläche des Wassers steigen. Wenn eine lange, verticale Röhre, deren Boden mit Holz verschlossen ist, mit Quecksilber gefüllt wird, so sieht man das letzte in der Gestalt eines feinen Silberregens durch den Boden dringen. Unsere gewöhnlichen Filtrationen beruhen ganz auf demselben Prinzip, und man wird z. B. das Wasser von allen fremden Bestandtheilen reinigen, wenn man es durch ein Filtrum von Papier, von porösem Stein, von einem Sand- oder Kohlen-Lager gehen läßt, vorausgesetzt, daß die Poren des Filtrums kleiner sind, als die Dimensionen der fremdartigen Körper, von welchem man das Wasser befreien will.

Diese Porosität wird, so viel uns bekannt, bei allen Körpern, selbst bei den Metallen und Steinen angetroffen. Unter den kieselartigen Steinen ist der sogenannte Hydrophan in seinem gewöhnlichen Zustande nur sehr wenig durchsichtig, aber er wird vollkommen diaphan, wenn er eine Zeit im Wasser gelegen hat. Uebrigens darf immer noch bemerkt wer-

Digitized by Google

den, daß das, was wir Undurchdringlichkeit der Materie nennen, vielleicht den Körpern selbst nicht eben nothwendig zukömmt. Wir schließen ihr Daseyn nur aus Erfahrungen, denen wir dann, durch Induction, eine allgemeine Gültigkeit geben. Aber man könnte vielleicht auch Erfahrungen für das Gegentheil anführen, z. B. die Wirkungen des Lichts, der magnetischen und electrischen Materie u. s. w. Zwar suchen wir uns hier mit den Poren der Körper zu helfen, aber diese sind doch nur wieder angenommen, weil wir die Materie an sich, vielleicht mit Unrecht, für undurchdringlich halten. Glücklicher Weise hängen von diesen, nicht sowohl physischen als vielmehr metaphysischen Speculationen unsere Kenntnisse der äußeren Erscheinungen der Natur nicht ab, und nur mit diesen letzten beschäftiget sich der eigentliche Naturforscher.

§. 5. (II. Compressibilität.) Durch Druck oder Schlag können die meisten Körper in einen engeren Raum gebracht werden. Ihr Volum nimmt ab, ohne daß die Anzahl ihrer kleinsten Theile vermindert wird. Dieser Druck muß daher die Größe der Poren dieser Körper vermindern, oder er muß die Theile dieser Körper einander näher bringen. Wenn sie, nachdem der Druck aufgehört hat, ihre frühere Gestalt mit einer gewissen Kraft wieder anzunehmen sich bestreben, so nennt man diese Kraft Elasticität. Alle elastische Körper müssen daher compressibel seyn, aber nicht alle compressible Körper sind elastisch.

§. 6. (III. Ausdehnbarkeit.) Beinahe alle Körper nehmen, wenn sie erwärmt werden, einen größeren Raum ein, als sie bei einer geringeren Temperatur eingenommen haben. Dasselbe thun alle luftförmige Körper (Gase), wenn sie von dem auf sie lastenden Drucke befreit werden. Durch diese Ausdehnung muß daher die Dimension der Poren der Körper vergrößert werden. Eine schlaffe, beinahe ganz luftleere Blase schwillt auf, wenn sie mit wohl verschlossenek Oeffnung auf einen erwärmten Ofen gebracht wird, und sinkt wieder in ihren vorigen Zustand zurück, wenn die in ihr verschlossene Luft auskühlt. Die eisernen Schienen unserer Wagenräder werden gewöhnlich etwas kleiner, als die Peripherie des Rades von Holz gemacht, aber durch starke Hitze vergrößert, passen sie genau auf das Holz, welches sie noch nach der Auskühlung so stark anziehen, daß sie, selbst ohne Befestigung durch Nägel, lange auf dem Rade festhalten können. Wenn sich Flaschenstöpsel nicht ohne Gefahr für die Flasche ausziehen lassen, so umwindet man den Hals derselben mit in heißes Wasser getauchten Tüchern, wodurch die Oeffnung der Flasche erweitert und der Kork ohne Mühe herausgebracht wird. Als in dem Gebäude des Conservatoire des Arts zu Paris die beiden gegenüberstehenden Seitenwände an ihren oberen Stellen auswärts gewichen waren, ließ Molard sie durch mehrere eiserne Stangen verbinden, die durch beide Mauern gingen und an ihren äußersten Enden mit Schrauben versehen waren. Wenn diese Stangen durch untergestellte Lampen erhitzt und verlängert waren, wurden die Schrauben näher an die Mauern gedreht, und dadurch die Wände von den bei ihrer Verkühlung sich wieder verkürzenden Stangen einander näher und durch wiederholte Versuche endlich ganz in die frühere senkrechte Lage gebracht.

§. 7. (IV. Theilbarkeit.) Alle Körper von noch merkbarem Volum, selbst die kleinsten, lassen sich, der Erfahrung gemäß, in noch kleinere Theile trennen. Diese Theilung geht, unseren Beobachtungen zu Folge, ungemein weit und vielleicht selbst ins Unendliche. Newton lehrte uns der erste die ungemein geringe Dicke mancher durchsichtigen Flächen kennen und selbst berechnen, indem er die Farben, welche sie bei verschiedenen Dicken zurückwerfen, zu diesem Zwecke benützte. Eine Seifenblase ist

Digitized by Google

eine hohle Kugelschaale, die je nach der Dicke ihrer einzelnen Stellen auch in verschiedenen Farben spielt. Kurz vor ihrem Platzen zeigt sich auf dem höchsten Theile derselben ein schwarzgrauer Punkt, und dort ist die Dicke der Blase, nach Newton's Rechnungen, noch nicht der zwei und ein halb Millionste Theil eines Zolls. Die durchsichtigen Flügel mancher Insekten sind so dünn, daß 50000 derselben übereinander gelegt, noch nicht die Dicke des vierten Theils eines Zolls betragen würden. In unseren vergoldeten Silberfäden ist das sie ringsum bedeckende Gold so ausgedehnt, daß dasselbe bei einem Draht von einem Fuß Länge noch nicht den $1\frac{1}{2}$ Millionsten Theil eines Lothes wiegt. Ein Zoll dieses Silberdrahts würde also nur den 18 Millionsten und der noch immer gut sichtbare hunderste Theil dieses Zolles würde den 1800 Millionsten Theil von einem Lothe Goldes enthalten. Dasselbe Stück, durch ein Mikroscop mit einer 500maligen Vergrößerung betrachtet, würde 500mal länger und also auf diesem Silberfaden das ihn bedeckende Gold in 900000 Millionen Theile getheilt erscheinen, deren jeder noch alle die Eigenschaften dieses Metalls hat, seine Farbe, seine Dichte, seine frühere Verwandtschaft zu den chemischen Agentien u. s. w.

Noch viel weiter scheint diese Theilbarkeit bei den organischen Körpern zu gehen. Unser Blut z. B. ist nicht eine gleichmäßige rothe Flüssigkeit, sondern es besteht aus kleinen rothen Kügelchen, die in einer transparenten Flüssigkeit, dem Serum, schwimmen. Bei den Säugthieren sind diese Kügelchen vollkommen rund, bei Vögeln und Fischen aber elliptisch. In dem Blute der Menschen beträgt der Durchmesser dieser Kügelchen nur den 4000sten Theil eines Zolls, woraus folgt, daß in einem solchen Blutstropfen, der an der Spitze der feinsten Nadel hängen bleibt, wenigstens eine Million solcher Kügelchen enthalten seyn muß.

Und doch haben uns die Mikroscope schon Thiere gezeigt, die noch kleiner sind, als diese Kügelchen, von denen Millionen auf einander gehäuft noch keinem Sandkorn gleichen und die zu Tausenden mit Eins durch die feinste Oeffnung einer Nadel schwimmen; — und doch hat jedes derselben seine Glieder und Eingeweide, seine Sinne und seinen Instinkt, und, wie man aus ihren Bewegungen sieht, auch seinen freien Willen. Aus welchen feinen Theilen muß der Organismus dieser Wesen zusammengesetzt seyn! Müssen sie nicht auch ein Herz, Arterien und Venen, Muskeln und Nerven haben, und von welcher Größe sollen wir dieselben annehmen? Wenn die Kügelchen ihres Blutes zu den unseren dasselbe Verhältniß haben, wie die Größe ihres ganzen Körpers zu dem unseren, wer mag den Durchmesser derselben berechnen?

Da uns hier unsere feinsten Instrumente verlassen und da unsere besten Mikroskope nicht mehr bis zu jenen Gränzen vorzudringen im Stande sind, so scheinen jene unbekannte Gegenden nicht mehr für eigentliche Beobachtungen, sondern bloß für Muthmaßungen geeignet, mit welchen die Einbildungskraft nach Gefallen spielen kann. Aber diese Muthmaßungen sind doch ganz anderer Art, als jene, welche unsere hyperphysischen Naturphilosophen ihren Speculationen zu Grunde zu legen pflegen. Sie sind auf Thatsachen gebaut, auf eine eigene Gattung von Beobachtungen, mit einem Instrumente angestellt, das wir in uns selbst tragen und das unendlich feiner gebaut ist, als alle diejenigen, die bisher aus den Werkstätten unserer Künstler hervorgegangen sind. Unser Nervensystem ist, besonders im gereizten Zustande, von einer Empfindlichkeit, die wir nur fühlen, aber nicht mehr berechnen oder mit dem Verstande angeben können. Unsere Geruchsnerven z. B. zeigen uns das Daseyn riechbarer Körper in der Luft, von denen keine

Digitized by Google

chemische Analyse auch nur die geringste Spur auffinden kann. Ein einziger Gran Moschus verbreitet in einem großen und luftigen Zimmer, oft mehrere Jahre durch, einen starken Geruch, und Papiere, die neben Moschus gelegen haben, können die Reise nach Ostindien und zurück machen, ohne ihren Geruch zu verlieren. Bedenkt man nun, wie viele Moschustheilchen sich von einem solchen Körper in jeder Secunde absondern müssen, um nach allen Richtungen durch den Geruch erkannt zu werden, so darf man wohl über die Menge, also auch über die Kleinheit dieser Theilchen erstaunen.

Nicht minder bewunderungswürdig erscheint uns der Sinn des Gesichtes. Das Licht des Mondes, auch viele tausendmale in unsern Hohlspiegeln und Brenngläsern verdichtet, zeigt nicht die geringste Wirkung, weder auf unsere Thermometer, noch auch auf die chemischen Erscheinungen der Körper, die diesem höchst condensirten Lichte ausgesetzt werden. Aber so wie auch nur ein Strahl des nicht verdichteten Mondlichtes die Pupille unseres Auges trifft, zieht sich dieselbe sogleich zusammen, und doch bleibt diese Pupille ganz unbeweglich, wenn man sie mit den Spitzen einer Nadel kratzt, wenn man sie mit Säuren benetzt, oder wenn man electrische Funken auf die Oberfläche derselben leitet. — Diese Beispiele mögen uns lehren, mit welcher Behutsamkeit man zu Werke gehen muß, wenn man von Experimenten, an leblosen Körpern angestellt, auf jene schließen will, die an den mit Leben begabten Substanzen Statt haben. Ohne Zweifel sind unsere Physiologen besonders aus dem Grunde noch so weit hinter ihren eigenen Wünschen zurück, weil sie ihre Beobachtungen an dem thierischen Organismus gewöhnlich erst dann anstellen können, wenn bereits das Leben aus ihm entflohen ist.

§. 8. (Krystallisation der Körper.) Durch Bemerkungen dieser Art, die sich so oft darbieten, wird man versucht, alle Körper der Natur als ins Unendliche theilbar anzunehmen. Allein die sonderbaren Phänomene der Krystallisation scheinen dieser Annahme zu widersprechen. — Wenn Salz mit Wasser gemischt und das Gemenge einer höheren Temperatur ausgesetzt wird, so verdampft das Wasser allmählig, und wenn einmal so viel Wasser sich in Dampfgestalt entfernt hat, daß der noch übrige Rest desselben nicht mehr im Stande ist, die ganze Masse des Salzes im flüssigen Zustande zu erhalten, so sieht man dieses Salz in regelmäßigen Gestalten an dem Boden und den Wänden des Gefäßes sich ansetzen, und diese Gestalten sind durchaus dieselben für dieselbe Gattung des Salzes, und verschieden für verschiedene Gattungen: Kugel, Würfel, drei-, vier- und mehrseitige Pyramiden u. s. f. Wenn man diese Krystalle gehörig spaltet, um sie in immer kleinere Theile zu theilen, so bemerkt man, daß die ursprüngliche Gestalt derselben, z. B. die Würfelform, auch bei den kleinsten Theilen dieser Krystalle wieder erscheint, und daß diese kleinsten Theile an ihren Seitenflächen eine sehr hohe Politur haben, die man durch keine mechanische Kunst erreichen kann. Es scheint daher, als ob die letzten Theile der krystallisirten und vielleicht aller Körper der Natur, oder daß die Atome dieser Körper durchaus eine bestimmte und für jeden Körper eigenthümliche Gestalt haben, wie diese denn auch schon bei den meisten, selbst bei den Steinen und Metallen durch unmittelbare Beobachtungen nachgewiesen worden ist. Vielleicht hängen die Eigenschaften, durch welche sich diese Körper unter einander auszeichnen, nur von diesen Gestalten und gegenseitigen Stellungen ihrer Atome ab. Unsere Flüssigkeiten krystallisiren alle in der Kälte, und wenn unsere Luftarten in eine so niedere Temperatur gebracht werden könnten, in welcher sie ebenfalls zu festen Körpern werden, so wür-

Digitized by Google

den sie ohne Zweifel dieselben Erscheinungen zeigen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese letzten Elemente aller Körper ihrer Gestalt und Natur nach unveränderlich und unzerstörbar sind, da wir sie nach allen, auch den gewaltsamsten Veränderungen wieder finden, welche wir mit diesen Körpern, durch mechanische oder chemische Kräfte vornehmen, und daß sie endlich, obschon sie selbst, ihrer ungemein geringen Dimensionen wegen, noch durch keine Kunst in den Bereich unserer Sinne gebracht werden konnten, doch von einer bestimmten, wenn gleich uns unangeblichen Größe seyn müssen.

§. 9. (Bewegung der Körper; Anziehung und Abstoßung derselben.) Außer diesen, allen Körpern der Natur gemeinsamen Eigenschaften bemerken wir aber noch eine andere, die in ganz besonderem Grade unsere nähere Betrachtung verdient. Wir sehen, daß beinahe alle diese Körper und selbst die Theile, aus welchen sie bestehen, ihre Lage gegen einander ändern, oder daß sie sich *bewegen*.

In diesen Körpern selbst können wir aber nichts finden, was diese Bewegung erzeugen sollte. Wir sind daher gezwungen, die Ursache derselben außer ihnen zu suchen. In den thierischen, belebten Körpern scheint wohl etwas zu liegen, das eine Bewegung derselben hervorbringt, aber diese dem Willen des Thieres gehorchende Bewegung seiner Glieder kann nicht in diesen Gliedern selbst, oder in irgend einem andern Theile des Körpers gesucht werden, da wir sie im Schlafe, und noch mehr nach dem Tode des Thieres, nicht mehr finden, wenn gleich der ganze Körper durch diesen Tod noch keine merkbare Veränderung in der Zusammenfügung seiner Theile erlitten hat. Diese freiwillige Bewegung der lebenden Geschöpfe scheint daher auch hier keineswegs eine Wirkung der an sich todten Materie selbst, sondern vielmehr ein Resultat des diese Materie belebenden und von ihr ganz verschiedenen Wesens zu seyn, dessen Natur für uns noch in tiefes Dunkel gehüllt ist.

Was ist es also, was zwei Wassertropfen einander nähert; was das Eisen dem Magnete entgegenführt; was den Stein, den wir aus der Hand fallen lassen, zur Erde fallen macht; was die Planeten um die Sonne und die Satelliten um ihren Hauptplaneten treibt? — Wir wissen es nicht. Wir sehen, daß sich die Körper bewegen, und da wir die Ursache dieser Bewegung nicht in den Körpern selbst voraussetzen können, so suchen wir sie außer ihnen, in den andern Körpern, zu oder von denen sich jene bewegen. Wir sagen, daß diese Körper gegen jene eine *Anziehung* oder *Abstoßung* äußern. — So kömmt es uns vor, und diese beiden Ausdrücke sind auch nichts weiter, als das Bild, welches wir uns von jenen Erscheinungen entwerfen. Ob es aber auch in der That der Natur gemäß sey, sind wir nicht im Stande zu entscheiden. Wenn wir sagen, der Magnet zieht das Eisen an, so heißt dieß nur, daß diese beiden Körper, wenn sie sich begegnen, einander näher kommen und wenn sie sich berühren, an einander fest halten, so daß ein gewisser Widerstand nöthig ist, sie zu trennen. Ob aber die Ursache dieser Annäherung, ob der eigentliche Sitz dieser Anziehung in dem Magnet, oder in dem Eisen, oder ob er in einem diese beiden Körper umgebenden Medium sey, dieß ist uns eben so unbekannt, als die Art, wie die Anziehung beider Körper bewirkt werden mag. Die *Wirkung* allein ist es, die wir kennen, weil wir von ihrem Daseyn, von ihrer Größe und von ihren Modificationen unmittelbar durch unsere Sinne belehrt werden. Aus diesen Wirkungen schließen wir, daß es ein allgemeines, alle Körper der Natur umschlingendes, obgleich uns unsichtbares Band geben muß, welches nicht nur diese Körper, sondern auch die

Digitized by Google

kleinsten Theile eines jeden einzelnen Körpers unter sich verbindet, und ohne welches jeder Körper, jedes Atom des Körpers, eine Welt für sich ausmachen würde, ohne Zusammenhang und Wechselwirkung auf andere. Dieses magische Band, dieses räthselhafte Wesen, was da macht, daß jedes Atom der Materie, daß jeder Körper alle anderen an sich zu ziehen sucht, nennen wir, obschon wir dasselbe nicht weiter kennen, der Kürze wegen, die Kraft dieses Körpers, nicht sowohl, um dadurch die Sache selbst, als vielmehr nur die uns sichtbare Wirkung derselben zu bezeichnen. Wir bemerken eben so wenig den unsichtbaren Faden, der den fallenden Stein zur Erde herabzieht, als wir das Seil bemerken, an welchem sich die Erde um die Sonne, oder der Mond um die Erde schwingt, und wir wissen eben so wenig von dem, was ein Körper, was Materie überhaupt ist, als wir einsehen, wie diese Körper auf einander wirken oder sich gegenseitig in Bewegung setzen können. Die Entdeckung dieser Dinge wollen wir daher auch feruerhin dem Scharfsinne unserer Metaphysiker überlassen, die ohnehin, seit die Erde steht, noch keine einzige nützliche gemacht haben. Wir wollen uns dafür begnügen, die Wirkungen dieser Ursachen näher kennen zu lernen und durch diese Kenntnisse, verbunden mit der allein untrüglichen mathematischen Analyse, auf dem Wege reiner und vorurtheilsfreier Beobachtungen so viel von den Geheimnissen der Natur zu erforschen, als sie eben den menschlichen Kräften zu gönnen für gut gefunden hat.

§. 10. (Molecular- und allgemeine Anziehung der Körper.) Zuvörderst wollen wir bemerken, daß diese Kräfte, mit welchen die Körper auf einander wirken, zweierlei wesentlich von einander verschiedener Art zu seyn scheinen. Die einen wirken nur zwischen den kleinsten Atomen eines und desselben Körpers. Ihr Wirkungskreis ist daher, in Beziehung auf ihre Ausdehnung im Raume, sehr beschränkt, und sie erzeugen dadurch das, was wir Zusammenhang, Festigkeit und Dichte dieser Körper nennen. Die andern aber wirken von einem Körper zum andern, selbst auf sehr große Entfernungen, und diese sind es, welche die Bewegungen dieser Körper um und gegen einander, auf der Oberfläche unserer Erde sowohl, als auch in jenen Höhen über uns hervorbringen. Jene Kräfte nennt man die Molecular-Anziehung, während diese die allgemeine Attraction oder auch die allgemeine Schwere (Gravitation) genannt wird.

§. 11. (Nähere Betrachtung der Molecularkräfte.) Die Molecularkräfte sind uns, selbst in ihren Wirkungen, noch sehr wenig bekannt, aber ihr Daseyn ist darum nicht weniger gewiß, da wir, ohne sie, die uns von allen Seiten umgebende Welt nicht so sehen könnten, wie sie uns in der That erscheint. Wenn diese Kräfte nicht existirten, so würde die ganze Natur nur ein verworrenes Aggregat unter einander geworfener Atome, einem Sandhaufen ähnlich, seyn, ohne Gestalt, Zusammenhang und Bewegung. Es würde keine festen, keine flüssigen, keine luftförmigen Körper mehr geben; Licht und Wärme würden nicht mehr die wundervollen Wirkungen auf dieselbe hervorbringen; alle organische Wesen und das Leben selbst, so weit es diese Wesen beseelt, würde aus der Natur verschwinden. Die einzelnen Elemente jenes chaotischen Haufens würden in keiner weiteren Beziehung zu einander stehen, ihren einmal eingenommenen Ort nicht mehr ändern, und an die Stelle des regen Lebens und der immerwährenden Bewegung, die wir jetzt in allen Theilen der Natur bewundern, würde eine öde, allgemeine Ruhe und die Stille des Grabes treten.

Wenn wir daher auch die Art, auf welche diese Kräfte wirken, nicht

Digitized by Google

näher angeben können, wie wir es wohl bei der Kraft der allgemeinen Schwere im Stande sind, so sind wir dessenungeachtet von der Existenz derselben nicht weniger überzeugt. Jede Gegend, jeder Punkt des Himmels und der Erde kann als ein Beweis für das Daseyn dieser Kräfte dienen, und die ganze materielle Welt selbst ist nur ein großes Resultat der Wirkungen, welche durch diese Kräfte erzeugt werden.

Wir haben oben gesehen, daß jeder Körper aus Atomen von bestimmter Gestalt besteht und daß diese Atome durch Zwischenräume (Poren) von einander getrennt sind. Wir kennen weder die Dimensionen dieser Atome, noch die ihrer Zwischenräume, aber wir wissen, daß beide ungemein klein seyn müssen und daß wahrscheinlich die Atome noch viel kleiner sind, als ihre Entfernungen von einander. Ja es ist möglich, daß bei vielen Körpern das Verhältniß der Größe der Atome zu ihren Zwischenräumen demjenigen gleich kömmt, das wir bei den Planeten unseres Sonnensystems und den Räumen bemerken, die sie von einander trennen. Ohne Zweifel wirken die Kräfte, welche diese Atome gegen einander ausüben, nur auf die kleinen Distanzen ihrer Zwischenräume und sind in größeren Entfernungen ganz unmerklich. Auch müssen sie nicht bloß anziehende, sondern auch abstoßende Kräfte seyn, indem jene die Cohäsion und diese den Widerstand der Körper bewirken, den sie alle, wie wir wissen, ihrer Compression entgegen setzen, während beide zusammen vielleicht diejenigen Wirkungen hervorbringen, die wir durch die Benennung der Affinität und der chemischen Erscheinungen zu bezeichnen pflegen. Es scheint, daß die abstoßende Kraft der Atome in der nächsten Umgegend derselben, die anziehende aber erst in etwas größeren Entfernungen von ihnen wirksam ist. Daher widerstehen, bei den festen Körpern, die Atome derselben sowohl der Trennung, als der Compression, und man muß oft bedeutende Kräfte anwenden, sie zu brechen, oder auch sie in einen kleineren Raum zusammen zu pressen. Die Intensität dieser anziehenden Kraft scheint bei allen den Körpern, die wir hart und brüchig nennen, oft sehr groß zu seyn, wenn gleich der Durchmesser ihrer Wirkungssphäre ungemein klein ist. Dieß ist z. B. der Fall bei Gußeisen, bei mehreren Steinen und anderen Substanzen, die man mit keiner Gewalt strecken oder ausdehnen kann. Bei dem Blei und bei anderen weichen Metallen scheint diese Intensität der Attraction viel geringer und dafür die Wirkungssphäre derselben bedeutend größer zu seyn.

Bei flüssigen Körpern aber ist das Gewicht der einzelnen Elemente, aus welchen sie bestehen, viel größer, als der gegenseitige Zusammenhang derselben durch die Molecularkraft. Wenn daher ein solcher Körper an seinen Gränzen nicht eingeschlossen wird, so trennen sich die Theile desselben, oder sie fließen aus einander. Wird er aber in einem Gefäße fest gehalten, so setzt er sich, durch dieses Gewicht seiner Elemente, in dem untersten Theile des Gefäßes fest, dessen Raum er durchaus gleichförmig erfüllt. Auch ein fester Körper, in dasselbe Gefäß gebracht, würde durch das Gewicht seiner Elemente dasselbe thun, wenn er nicht durch die stärkere Cohäsion dieser Elemente daran gehindert würde. Obschon aber bei den festen Körpern diese Attraction der Atome viel größer ist, als bei den flüssigen, so ist sie doch auch bei den letztern noch bedeutend größer, als bei den luftförmigen Körpern. Wenn das Wasser erwärmt wird, so löst es sich in noch viel kleinere und noch viel weiter von einander getrennte Theile auf, die in der Gestalt von Dünsten sich in die Atmosphäre erheben, und wenn dann diesen Dünsten ihre höhere Temperatur wieder entzogen wird, so tritt die frühere Cohäsionskraft wieder ein, welche die zerstreuten Theile des Dunstes in runde Tropfen

Digitized by Google

sammelt und sie in ihrer früheren Gestalt, als Wasser, wieder der Erde zuführt. Wenn Flüssigkeiten in größeren Höhen, z. B. von einer Thurmspitze, ausgegossen werden, so fallen sie, nicht in ganzen Massen, sondern wie Sand oder Staub, in runden abgesonderten Tropfen herab, die desto größer sind, je größer die Cohäsionskraft der Flüssigkeit ist. So fällt Oel in großen, Aether und Alcohol aber in sehr kleinen Tropfen zur Erde. Die Regentropfen, die an der Außenseite unseres Fensterglases einander näher kommen, vereinigen sich und laufen in einander, so wie Quecksilbertropfen, die einander auf einer horizontalen Glastafel begegnen, zum Zeichen, daß sie von einander angezogen werden. Dieselbe Anziehung der Atome gibt auch den Körnern unseres Schrotes die kugelförmige Gestalt. Wenn das geschmolzene Bley von einer größeren Höhe herabgegossen wird, theilt es sich, wie dort das Wasser, durch seine Cohäsionskraft in runde Tropfen, die, ehe sie den Boden erreichen, auskühlen und daher ihre kugelförmige Gestalt beibehalten. Dieselbe Kraft aber, welche diesen Tropfen ihre runde Form gibt, hat auch wahrscheinlich jene großen Körper des Himmels, die Sonne, den Mond und die Planeten abgerundet, wenn dieselben anders, wie es sehr wahrscheinlich ist, zur Zeit ihrer Entstehung sich in einem flüssigen Zustande befunden haben.

Dieselbe Anziehung endlich, welche wir zwischen den einzelnen Elementen der festen oder auch der flüssigen Körper unter sich bemerken, zeigt sich zwischen den Atomen der festen und flüssigen Körper selbst. So fällt ein Wassertropfen von der untern Seite einer horizontalen Glastafel nicht herab, weil er von der Tafel angezogen wird. Wenn die Spitze einer Nadel in eine Flüssigkeit getaucht und wieder aus ihr herausgezogen wird, bleibt ein Tropfen derselben an ihr hängen, und alle feste, in Flüssigkeiten eingetauchte Körper, werden **naß**, wenn anders diese beiden Körper sich gegenseitig anziehen. Wenn eine Glasröhre in Quecksilber getaucht wird, so bleibt sie trocken, aus derselben Ursache, aus welcher auch unsere Kleider trocken bleiben würden, wenn es nicht Wasser, sondern Quecksilber regnete.

§. 12. (Capillarkraft und Affinität der Körper.) Dieselbe Molecular-Attraction zeigt sich auch bei dem Aufsteigen der Flüssigkeiten in den Poren und Zwischenräumen der festen Körper, wo sie dann **Capillar-Attraction** genannt wird. So sieht man Wasser und Oel in Schwamm und Zucker dringen oder in dem Dochte unserer Lampen aufsteigen; so kann man mit benetzten Seilen sehr große Lasten heben. Durch dieselbe Kraft steigt endlich auch der größte Theil der Säfte in den Körpern der Pflanzen und Thiere in die Höhe.

Noch auffallender erscheint diese Molecularkraft in unseren chemischen Prozessen, wo sie den Namen der **Affinität** (Verwandtschaft) erhält. Wenn zwei Flüssigkeiten unter einander gemengt werden, so sieht man häufig eine dritte entstehen, deren Eigenschaften von jenen der beiden ersten völlig verschieden sind. Oft ist das Volum der Mischung, oft ist auch die Temperatur, die Farbe, selbst der Zustand der Flüssigkeit ganz anders, als er bei den einzelnen Körpern vor ihrer Vermischung gewesen ist. Ein Quart Wasser mit eben so viel Schwefelsäure gemischt, nimmt einen bedeutend geringeren Raum ein, als zwei Quart betragen, weil sich die Elemente dieser beiden Flüssigkeiten inniger anziehen, als die einer jeden derselben. Auch ist diese Mischung von einer viel höheren Temperatur, als jeder der beiden Körper vor derselben hatte. Wenn die beiden Luftarten, die unter der Benennung des Oxygens und Hydrogens bekannt sind, in einem bestimmten Verhältnisse unter einander ge-

Digitized by Google

mischt werden, so entsteht keine neue Luftart, sondern Wasser, womit wir das Feuer löschen, während doch ohne Oxygen kein Feuer unterhalten werden kann und während das Hydrogen einer der entzündbarsten Körper der ganzen Natur ist. Dasselbe Oxygen, das an sich farblos ist, gibt, wenn es mit dem weißen Queckſilber verbunden wird, in einer bestimmten Menge beider Körper ein rothes, und in einer andern Menge ein schwarzes Produkt. Die Schwärze unserer Tinte verdanken wir zwei Körpern, dem Eisenvitriol und den Galläpfeln, von welchen der eine grün und der andere gelb ist.

§. 13. (Intensität der Molecularkraft.) Noch ist übrig, etwas über die Intensität oder über die eigentliche Größe dieser Molecularkräfte zu sagen. Ohne diese Größe in bestimmten Zahlen angeben zu können, läßt sich doch leicht zeigen, daß sie, zuweilen wenigstens, an das Ungeheure gränzt und daß sie nicht nur diejenigen Kräfte, welche wir durch unsere Maschinen, durch Dämpfe und andere Mittel hervorbringen können, sondern daß sie sogar die meisten übrigen Kräfte der Natur selbst weit hinter sich zurücklässt. — Wenn wir z. B. die Kraft näher betrachten, mit welcher das Licht von den Körpern unserer Erde gebrochen oder zurück geworfen wird, so finden wir sie in der That von einer erstaunenswürdigen Größe. Der in gerader Richtung bei einem Körper ankommende Lichtstrahl wird von demselben erst dann, wenn er dem Körper gleichsam unendlich nahe ist, angezogen, und zwar so stark, daß dadurch der früher geradlinige Strahl um dreißig und selbst um mehr Grade gebogen wird. Da aber die Geschwindigkeit des Lichts so ungemein groß ist, so muß auch diese Krümmung derselben in einer beinahe unendlich kleinen Zeit vor sich gehen. Welche Kraft mag aber dazu erfordert werden, den Weg des mit einer so großen Schnelligkeit sich bewegenden Lichtes in einem beinahe untheilbaren Augenblick um einen Winkel von vollen dreißig Graden abzulenken?

Um diese Frage näher zu betrachten, wollen wir zuerst bemerken, daß durch die Anziehung unserer Erde, durch die größte uns bisher bekannte Kraft, die Körper auf der Oberfläche derselben in einer Secunde nahe um 15 Fuß von ihrem Laufe abgelenkt werden. Vergleichen wir damit jene Kraft, welche das Element eines Körpers auf das Licht ausübt. — Da die Zeit, während welcher diese Kraft wirkt, gleich derjenigen Zeit ist, in welcher das Licht die Wirkungssphäre des körperlichen Elements durchläuft, so wollen wir, was gewiß nicht zu wenig ist, den Durchmesser dieser Wirkungssphäre gleich dem tausendsten Theil eines Zolles annehmen. Da aber das Licht in einer Secunde 42000 Meilen durchläuft, so wird es den Raum von $^1/_{1000}$ Zoll schon in dem unendlich kleinen Augenblick des 12 billionsten Theils einer Secunde zurücklegen. Beträgt nun die durch die Brechung des Lichtes hervorgebrachte Ablenkung desselben 30 Grade, so wird die dazu erforderliche Kraft, selbst wenn sie eine ganze Secunde hindurch wirksam bliebe, die oben erwähnte Kraft unserer Erde schon gegen 32 Millionenmal übertreffen müssen, da 42000 Sin. 30°. (22842) gleich 21000 (22842) oder nahe gleich 15 mal 32 Millionen ist, vorausgesetzt, daß die deutsche Meile 22842 Par. Fuß beträgt. Da aber diese Molecularkraft keineswegs eine ganze Secunde, sondern nur während dem 12 billionsten Theil derselben ihre Wirkung auf das Licht äußern kann, so muß diese Kraft in demjenigen Verhältniß größer seyn, in welchem das Quadrat einer Secunde größer ist, als das Quadrat dieses kleinen Theiles einer Secunde, das heißt, sie muß nahe 160 Quadrillionenmal größer seyn, als wir so eben gefunden haben, oder mit andern Worten, sie muß die oben erwähnte Kraft, mit

Digitized by Google

welcher die ganze Erde die Körper auf ihrer Oberfläche anzieht, wenigstens 6720 Quintillionenmal übertreffen, eine Zahl von 34 Ziffern, deren drei erste 672 sind, und von deren Größe wir uns keinen auch nur einigermaßen genäherten Begriff mehr machen können.

§. 14. (Unterschiede der Molecular- und der allgemeinen Attraction.) Diese so eben erwähnte Kraft der Erde, mit welcher sie alle Körper auf und über der Oberfläche derselben an sich zieht, ist von allen bisher betrachteten Molecularkräften schon dadurch wesentlich verschieden, daß diese letzteren nur auf sehr kleine, selbst unserm bewaffneten Auge ganz unmerkbare Distanzen wirksam sind, während jene sich auf sehr große und vielleicht selbst auf unendliche Entfernungen von dem anziehenden Körper erstreckt. Denn diese Anziehung der Erde macht nicht bloß die ihrer Oberfläche zunächst liegenden Körper, wenn sie ihrer Unterstützung beraubt werden, gegen sie fallen, sondern sie ist auch, wie wir bald sehen werden, die Ursache, warum der Mond in einer Entfernung von nahe fünfzig tausend Meilen sich um die Erde bewegt.

§. 15. (Augenblicklicher Stoß und immerwährend wirkende Kraft.) Indem wir aber diese Kraft der Erde näher untersuchen wollen, müssen wir sie zuerst wohl von einem Impulse oder von einem bloßen Stoße unterscheiden. Wenn wir einen Körper mit der Hand stoßen oder werfen, oder wenn wir ihm durch einen Stab, Hammer u. dgl. irgend eine Bewegung beibringen, so wirkt diese auf den Körper angebrachte Kraft nur einen Augenblick, nur so lange als dieser Stoß dauert, nach welchem dann der Körper gleichsam sich selbst überlassen bleibt. Die Folge davon ist, daß der Körper in Folge dieses Stoßes eine Bewegung annehmen wird, deren Richtung die des Stoßes, und deren Größe immer dieselbe seyn wird, wenn in der That bloß dieser Stoß und sonst keine andere Kraft auf ihn wirkt. Die Bewegung eines auf diese Art bewegten Körpers muß also erstens geradlinig und zweitens gleichförmig seyn, d. h. er muß sich mit immer gleicher Geschwindigkeit in einer geraden Linie und zwar ohne Ende fortbewegen. In der Natur können wir zwar solche Bewegungen nicht nachweisen, weil alle Körper, denen wir einen solchen augenblicklichen Impuls durch unsere mechanischen Kräfte beibringen, auch zugleich der Kraft der Erde ausgesetzt sind, und weil sie sich überdieß in der Luft oder in andern widerstehenden Mitteln bewegen, daher sie, außer jenem ersten Impulse, auch noch diesen andern Kräften unterworfen sind. Wenn wir eine Kugel auf einem horizontalen Boden fortstoßen, wenn wir ein Rad um seine Axe schwingen, wenn wir eine Kugel aus unseren Feuergewehren abschießen oder einen Stein in die Höhe werfen, so sehen wir oft, jener Behauptung entgegen, die Kugel und den Stein in einer krummen Linie laufen, sie und das Rad an der Axe immer langsamer gehen und bald völlig still stehen, weil die Reibung der Kugel auf dem nie ganz ebenen Boden, weil die Reibung des Rades an seiner Axe, weil der Widerstand, den der Stein in der Luft erleidet, und weil überdieß bei allen diesen Körpern die Anziehung der Erde jene erste durch den Stoß erzeugte Bewegung ändert, hindert und endlich ganz aufhebt. Wenn aber alle diese Störungen nicht da wären, so würde der Körper bloß dem Antriebe jenes ersten Stoßes folgen, und wir können keine Ursache mehr angeben, warum er den geradlinigen Weg, den er einmal eingeschlagen, verlassen, warum er seine anfängliche Geschwindigkeit verändern, oder warum er nicht ohne Aufhören und in derselben Art sich fortbewegen sollte.

Wenn wir also einen Körper sich in gerader Linie und so bewegen sehen, daß er in derselben Zeit, z. B. in einer jeden Secunde, auch im-

Digitized by Google

mer denselben Weg zurücklegte, oder daß seine Geschwindigkeit beständig wäre, so würden wir daraus schließen, daß dieser Körper sich in Folge eines erhaltenen Stoßes, eines ursprünglichen Impulses bewegte. Allein solche Bewegungen gibt es, wie gesagt, in der Natur oder auf der Oberfläche unserer Erde nicht, weil hier immer mehrere Kräfte und zwar vorzüglich die Kraft der Erde selbst auf die Körper einwirken.

§. 16. (Freier Fall der Körper auf der Oberfläche der Erde.) Der einfachste Fall der Bewegungen, die wir auf der Oberfläche der Erde beobachten, ist ohne Zweifel der, den ein Stein oder überhaupt jeder Körper annimmt, wenn wir ihn seiner Unterstützung berauben. Wir sehen ihn da sogleich in einer auf die Erdfläche senkrechten, d. h. in einer vertikalen Richtung zur Erde und zwar desto schneller fortgehen, je länger er geht. Hier ist also wohl noch eine geradlinige, aber keine gleichförmige Bewegung mehr; der Weg des zur Erde fallenden Körpers ist noch, wie dort, eine gerade Linie, aber die Geschwindigkeit des Falls ist nicht mehr gleichförmig, sondern sie wächst mit der Zeit.

Aber in welchem Verhältnisse nimmt diese Geschwindigkeit mit der Zeit zu? — Dieß ist Sache der Beobachtung. Allein diese Beobachtungen sind schwer mit der hier nothwendigen Genauigkeit anzustellen. Wir werden daher, wie dieß so oft in den Naturwissenschaften und besonders in der Astronomie geschieht, irgend eine diesen Erscheinungen frei fallender Körper im Allgemeinen angemessene Hypothese annehmen und zusehen, ob diese Annahme mit jenen beobachteten Erscheinungen vollkommen übereinstimmt.

Die einfachste und natürlichste Hypothese ist ohne Zweifel die, daß der Mittelpunkt der Erde eine constante und immer fortwirkende Kraft besitzt, mit welcher er die Körper auf und über der Oberfläche der Erde in der Richtung ihres Halbmessers, d. h. in einer auf die Erdoberfläche senkrechten Richtung an sich zieht. Dadurch ist diese Kraft der Erde gleichsam auf den oben betrachteten Impuls zurückgeführt, nur mit dem Unterschiede, daß der letzte nur im Anfange der Bewegung sich äußert, während jener auch in jedem folgenden Augenblicke noch thätig ist, so daß also die Kraft der Erde als ein sich immer wiederholender und in seiner Intensität immer gleich großer Impuls (Stoß oder Zug) betrachtet werden kann, in dessen Richtung die frei fallenden Körper sich der Erde immer mehr nähern.

§. 17. (Erstes Gesetz dieser Bewegung.) Nehmen wir also an, daß der Körper in einem Augenblicke, in welchem er den ersten Impuls von der Erde erhält, sich zu bewegen anfange, und daß er am Ende dieses Augenblicks eine Geschwindigkeit erhalten habe, vermöge welcher er, wenn nun weiter keine Kraft auf ihn wirkte, in seiner einmal angenommenen vertikalen Richtung gleichförmig fortgehen und z. B. in jeder nächstfolgenden Secunde g Fuß zurücklegen würde, so daß also die Geschwindigkeit desselben am Ende der ersten Secunde g Fuß beträgt. Da er am Ende dieser ersten, oder im Anfange der zweiten Secunde von der Kraft der Erde wieder einen, und zwar, weil diese Kraft constant seyn soll, einen eben so großen Impuls erhält, wie im Anfange der ersten Secunde, so wird er auch dadurch, während der ganzen Dauer der zweiten Secunde seine bereits erlangte Geschwindigkeit in eben dem Maße vermehren, wie in der ersten, oder er wird am Ende der zweiten Secunde eine Geschwindigkeit von 2 g Fuß erhalten. Eben so wird am Ende der dritten Secunde seine Geschwindigkeit 3 g seyn u. s. w. Nennt man

Digitized by Google

also überhaupt v die Geschwindigkeit (velocitas) und t die Anzahl Secunden, die seit dem Anfange der Bewegung des Körpers verflossen sind, so wird man die einfache Gleichung $v = gt$ haben, und diese Gleichung drückt den Satz aus, daß, unter der Voraussetzung einer constanten Kraft der Erde, die Geschwindigkeiten der frei fallenden Körper sich wie die Anzahl der während des Falles verflossenen Secunden verhalten, oder daß diese Geschwindigkeiten den Zeiten proportional sind. Man nennt dieß eine gleichförmig beschleunigte Geschwindigkeit, weil sie gleichförmig mit der Zeit wächst.

Allein wir suchen nicht sowohl die Geschwindigkeiten, mit welchen der Körper am Ende einer jeden Secunde, wenn weiter keine Kraft auf ihn wirkt, in ganz demselben Verhältnisse weiter gehen würde, sondern wir wünschen vielmehr den Raum zu kennen, welchen er am Ende einer jeden Anzahl von Secunden in seinem gleichförmig beschleunigten Falle zurückgelegt haben wird.

§. 18. (Zweites Gesetz dieser Bewegung.) Zu diesem Zwecke wollen wir zuerst bemerken, daß wir die Größe der Zwischenzeiten, in welchen diese Impulse der Erdkraft auf einander folgen, nicht anzugeben im Stande sind, um so weniger, da diese Kraft wahrscheinlich immerwährend und ohne alle Unterbrechung wirksam ist. Dann wird man aber der Wahrheit desto näher kommen, je kleiner man diese Zwischenzeiten annimmt. Wir haben oben dafür die Dauer einer Secunde gewählt, allein dieselben Schlüsse würden auch dann noch gelten, wenn wir für jene Dauer den hundertsten oder tausendsten Theil einer Secunde angenommen hätten. Immer würden wir, wie dort, gefunden haben, daß, wenn die Kraft der Erde beständig ist, auch der Zuwachs der Geschwindigkeit des fallenden Körpers beständig seyn oder daß sich diese Geschwindigkeit wie die Zeit verhalten muß. Je kleiner wir aber diese Zwischenräume annehmen, desto mehr wird es uns auch erlaubt seyn, die Bewegung des Körpers, während dieser Zeit, als völlig gleichförmig vorauszusetzen, und man sieht, daß man auf diese Weise überhaupt jede andere Bewegung und zwar desto genauer darstellen wird, je kleiner man diese Zwischenzeiten gewählt hat. — Fahren wir daher, der Kürze wegen, fort, diese kleinste Zeiteinheit eine Secunde zu nennen. Im Anfange der ersten Secunde hatte der Körper, unserer Annahme gemäß, gar keine Geschwindigkeit, da er aus der Ruhe seine Bewegung angefangen hat. Am Ende derselben aber hatte er, wie wir oben gesagt haben, die Geschwindigkeit von g Fuß. Nehmen wir also an, daß er, während dieser ersten Secunde, immer dieselbe Geschwindigkeit hatte und mit ihr doch den Raum durchlief, den er während seines Falles in der That zurückgelegt hat, so muß diese gleichförmige Geschwindigkeit das Mittel aus jenen beiden seyn, die er im Anfange und am Ende der ersten Secunde hatte, d. h. sie muß gleich $\frac{1}{2}g$, oder so groß gewesen seyn, daß er mit dieser gleichförmigen Geschwindigkeit während der ersten Secunde den Raum $\frac{1}{2}g$ durchläuft.

Im Anfange der zweiten Secunde hatte er die Geschwindigkeit g und am Ende derselben, nach dem Vorhergehenden die Geschwindigkeit 2 g. Er würde also denselben Raum, den er im freien Falle während der zweiten Secunde zurückgelegt hat, auch mit der mittleren Geschwindigkeit d. h. mit der Geschwindigkeit $\frac{3}{2}g$ in vollkommen gleichförmiger Bewegung zurückgelegt haben. Eben so würde er in der dritten Secunde mit der Geschwindigkeit $\frac{5}{2}g$, die das Mittel aus 2 g und 3 g ist, denselben Raum, wie im freien Falle, zurücklegen u. s. w. Es ist daher, in Beziehung auf den von dem Körper durchlaufenen Raum, ganz

Digitized by Google

dasselbe, ob wir annehmen, daß er ihn mit einer gleichförmig beschleunigten Bewegung, wie er in der That thut, oder daß er jeden kleinsten Theil dieses Raumes immer mit derselben, aber jeden nächsten Theil desselben mit einer gleichförmig größern Geschwindigkeit zurücklege. In dem letzten Falle geht er aber, wie wir gesehen haben, in

der ersten Sec. durch den Raum $^1/_2$ g also in einer Sec. durch $^1/_2$ g
zweiten " " " " $^3/_2$ g " " zwei " " $^4/_2$ g
dritten " " " " $^5/_2$ g " " drei " " $^9/_2$ g
vierten " " " " $^7/_2$ g " " vier " " $^{16}/_2$ g

u. s. w.

Diese kleine Tafel zeigt aber schon auf den ersten Blick das Gesetz, nach welchem die letzten Zahlen derselben, d. h. nach welchem die von dem Körper in 1, 2, 3 . . Secunden durchlaufenen Räume fortgehen. Man sieht nämlich, daß man für jede willkürliche Anzahl t Secunden den ihr entsprechenden Raum durch $^1/_2$ g tt ausdrücken muß, so daß also die Räume, welche die Körper in ihrem freien Falle gegen die Erde zurücklegen, sich wie die Quadrate der Zeiten verhalten, während, nach dem Vorhergehenden, die am Ende dieser Zeiten erhaltenen Geschwindigkeiten diesen Zeiten selbst proportional sind. Nehmen wir also an, der Körper sey während der ersten Secunde durch den Raum 1 gefallen und habe am Ende dieser Zeit die Geschwindigkeit 2 erhalten, so zeigt die folgende kleine Tafel den Fallraum und die Endgeschwindigkeit für jede folgende Secunde.

Secunde.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fallraum	1	4	9	16	25	36	49	64	81	100
Endgeschwindigk.	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20

§. 19. (Anwendung dieser Gesetze auf specielle Fälle.) Häufige und genaue Versuche, welche man über den Fall der Körper angestellt hat, stimmten mit diesen beiden Gesetzen so vollkommen überein, daß man an der Wahrheit derselben nicht weiter zweifeln kann.

Bei dem freien Falle der Körper verhalten sich also die Geschwindigkeiten wie die Zeiten, und die durchlaufenen Räume wie die Quadrate der Zeiten, während welcher der Fall dauert. Behält man daher die vorhergehenden Bezeichnungen von g, v und t bei und nennt man x den Raum, welchen der Körper in t Secunden zurücklegt, so hat man die beiden einfachen Ausdrücke

$$v = g\,t \text{ und } x = {}^1/_2\,g\,t\,t$$

aus welchen man leicht noch den folgenden dritten

$$v\,v = 2\,g\,x$$

ableiten wird. Mit Hülfe dieser Ausdrücke kann man sehr leicht eine Menge interessanter Fragen über den freien Fall der Körper beantworten, von denen wir hier nur einige kurz anführen wollen.

Das höchste von Menschenhänden errichtete Gebäude ist die große Pyramide bei Cairo, deren Spitze eine Höhe von 450 Par. Fuß über ihrem Boden hat. Nimmt man die Secunde in dem gewöhnlichen Sinne dieses Wortes, nämlich für den 86400sten Theil eines mittleren Tages,

Digitized by Google

so beträgt der Fall der Körper während der ersten Secunde, den darüber angestellten Beobachtungen gemäß, 15.098 Par. Fuß. Diese Größe ist also, vermöge der zweiten unserer Gleichungen, gleich $^1/_2 g$, so daß daher die Größe g selbst 30.196 Par. Fuß beträgt.

Mit diesem Werthe von g findet man aus derselben zweiten Gleichung, wenn man in ihr $x = 450$ setzt, daß ein Stein von dem Gipfel dieser Pyramide bis zu dem Boden derselben in $5^1/_2$ Secunden fallen, und daß er daselbst mit einer Geschwindigkeit ankommen würde, mit welcher er, wenn er nun gleichförmig fortginge, in jeder Secunde einen Weg von $164^4/_5$ Fuß zurücklegen müßte.

Der höchste Berg der Erde, der Dhawalagiri in Indien, soll 24150 Par. Fuß über die Meeresfläche sich erheben. Von seinem Gipfel würde daher ein Stein in vertikaler Richtung erst nach 40 Secunden an der Meeresfläche, und zwar mit einer Geschwindigkeit von 1520 Fuß ankommen. Diese Endgeschwindigkeit ist bedeutend größer als die des Schalles, die nur 1038 Fuß in einer Secunde beträgt, und sie übersteigt die gewöhnliche Geschwindigkeit einer Kanonenkugel nahe dreimal.

In Norwegen, Distrikt Rake bei Friedrichshall, soll ein senkrechtes Erdloch sich befinden, dessen Tiefe man noch mit keinem Senkbley ergründen konnte. Wenn man aber einen Stein in dasselbe fallen läßt, so hört man den letzten Aufschlag desselben auf den Boden der Höhle erst nach 90 Secunden. Nimmt man dabei auf die Verzögerung dieser Erscheinung durch den Schall keine Rücksicht, so zeigen unsere Gleichungen, daß die senkrechte Tiefe dieser Höhle 122294 Par. Fuß, also nahe fünfmal so viel, als die Höhe des Dhawalagiri betrage, und daß dieser Stein an den Boden der Höhle mit der Geschwindigkeit von 2718 Fuß in einer Secunde ankommen müßte.

Der Mond ist in seiner mittleren Distanz 51600 deutsche Meilen oder 1178647000 Par. Fuß von der Erde entfernt. Wenn wir daher die Kraft der Erde auch in dieser Entfernung noch gleich der an ihrer Oberfläche annehmen und überdieß voraussetzen dürften, daß der Mond nicht eine ähnliche Anziehung, wie unsere Erde, auf die ihn umgebenden Körper ausübe, so würde, wie unsere Gleichungen zeigen, ein von dem Monde in gerader Linie zur Erde fallender Stein die letzte erst in 8835 Secunden oder in 2 Stunden 27 Minuten 15 Secunden erreichen, und auf derselben mit einer Geschwindigkeit ankommen, vermöge welcher er in einer Secunde durch 266797 Fuß, das heißt, durch nahe $11^3/_4$ deutsche Meilen geht.

Allein diese Voraussetzungen sind sehr gewagt und äußerst unwahrscheinlich. In der That, wenn unsere Erde eine Kraft besitzt, mit welcher sie alle Körper an sich zieht, warum sollten diese anderen Körper, warum sollte der Mond, die Sonne und überhaupt alle Körper der Natur einer solchen Kraft beraubt seyn? Welche Vorrechte soll irgend ein Körper der Natur vor allen andern ansprechen dürfen? Und wenn sie in der That alle eine solche Kraft besitzen, durch welche sie selbst auf sehr entfernte Körper noch eine Wirkung äußern, welchen Grund hat man vorauszusetzen, daß diese Kraft in allen, in großen und kleinen Entfernungen immer dieselbe bleiben soll? Diejenigen Entfernungen von der Erdoberfläche, die Berge und Höhlen derselben, in welchen wir unsere Beobachtungen noch anstellen können, sind in der That, gegen den Halbmesser der Erde, so klein, daß sie, ohne merklichen Fehler, alle als gleich groß, und daß also auch die auf sie wirkende Kraft der Erde durchaus als dieselbe, oder als eine constante Kraft angesehen werden kann. Und wenn dieß, in viel größern Distanzen, wie es scheint, nicht

Digitized by Google

der Fall ist, nach welchem Gesetze ändert sich dann diese Kraft in verschiedenen Entfernungen?

§. 20. (Allgemeine Bemerkungen über diesen Gegenstand.) Diese Frage ist noch zu beantworten übrig, und die Antwort darauf soll der Gegenstand des folgenden Kapitels seyn. Ehe wir aber dahin übergehen, wollen wir noch bemerken, daß auch das meiste von dem, was den Inhalt des gegenwärtigen Kapitels ausmacht, auf Sätzen beruht, die wir nicht streng beweisen, sondern vielmehr nur als Axiome annehmen können, zufrieden, wenn die darauf gebauten Folgerungen den äußern Erscheinungen der Natur, d. h. unsern Beobachtungen derselben vollkommen entsprechen. Daß ein Körper ruht, so lange keine äußere Kraft auf ihn wirkt, und daß ein Körper, der, auch nur durch einen augenblicklichen Impuls in Bewegung gesetzt, sich immerfort gleichförmig und in einer geraden Linie bewegen muß, so lange er durch keine andere Kraft daran gehindert wird — dieses Axiom, das unter der sonderbaren Benennung des Princips der Trägheit der Materie bekannt ist; daß ferner jede Aenderung einer schon statt habenden Bewegung der sie erzeugenden Kraft proportional ist; daß bei jeder solchen Kraftäußerung zwischen zwei Körpern die Wirkung des einen immer der Gegenwirkung des anderen gleich seyn soll — diese und mehrere andere Sätze, welche man als die Grundsätze unserer Dynamik aufstellt, sind, so wahr sie auch an sich seyn mögen, keines eigentlichen Beweises fähig und in sich selbst noch manchen Dunkelheiten unterworfen. Da die Körper, wie wir annehmen, ohne die Wirkung einer äußern Kraft sich nicht bewegen können, wie sollen sie sich doch, derselben Annahme gemäß, ohne äußere Kraft in dieser Bewegung erhalten? Nehmen wir vielleicht dabei stillschweigend an, daß die Bewegung etwas der Materie Eigenthümliches sey? Es mag so seyn, immerhin: aber — muß es auch so seyn? Ist dieses auf den Körper einwirkende Wesen selbst nichts Körperliches mehr, oder gehören beide ihrer innern Natur nach zusammen, oder endlich ist das, was dem Körper seine Bewegung, gleichsam sein Leben mittheilt, etwas Analoges mit derjenigen, uns eben so wenig bekannten Kraft, die, nur anders modificirt, auch die Ursache des organischen Lebens, der Pflanzen und Thiere, die Ursache des Wachsthums und der Gährung und vielleicht selbst die eigentliche Quelle aller unserer geistigen Operationen bildet? — Was wissen wir von allen diesen Dingen, über die wir nur eben noch fragen können, und wie viel mehr mag noch zurück seyn, worüber uns unsere Sinne und selbst unsere lebhafteste Phantasie nicht einmal mehr fragen kann? Auch andere Wissenschaften, ja selbst die Mathematik, geht von solchen Axiomen, von ersten Grundsätzen aus, über die sich nichts weiter mehr ausmachen läßt und die gleichsam wie Glaubenssachen angenommen werden müssen, um auf ihnen, als auf einer Basis, weiter zu bauen. Diese Basis selbst aber ist kein weiterer Gegenstand weder der Erfahrung, noch der Vernunft, sie ist die Gränze oder vielmehr die absolute Scheidewand aller unserer geistigen Thätigkeit.

Digitized by Google

Kapitel II.

Allgemeine Schwere.

§. 21. (Vorarbeiten Anderer.) Unter allen Entdeckungen in dem weiten Felde der Wissenschaften ist wohl die der allgemeinen Schwere, die wir dem großen Newton verdanken, die glänzendste und einflußreichste, da sie das Gesetz enthält, dem alle Himmelskörper unseres Sonnensystems und, wie es scheint, selbst alle Körper des Weltraumes gehorchen.

Es kann nicht anders als sehr interessant seyn, zu sehen, auf welche Weise dieser seltene Geist zu jener hohen Idee gekommen ist. Selbst wenn wir ihn kämpfen und ringen, wenn wir ihn fehlen sehen, kann er nur mit der innigsten Theilnahme und hier insbesondere mit rein menschlicher Theilnahme betrachtet werden. Auch steht er nicht allein, nicht ohne Hülfe und Beirath von anderen da. Viele treffliche Männer gingen ihm voraus und bahnten ihm den Weg zu seinem hohen Ziele. Und doch verfehlte er viele Jahre diesen Weg und mühte sich ab, die kraftvollste Zeit seines Lebens, jene Wahrheit zu finden, die er ahnte, ja die er, aber ohne es zu wissen, schon als ein Jüngling von kaum zwanzig Jahren gefunden hatte, und zu deren Erkenntniß er erst durch Andere und durch einen glücklichen Zufall geführt werden mußte. Aber dessenungeachtet erscheint er als der Führer dieser Anderen, als ihr Herr und Meister und als der Vorfechter unter den Eliten seiner Zeit. Denn Er war es, der sie leitete in dem großen Kampfe, Er errang den Sieg, und was auch Jene geleistet haben mögen, Ihm gebührt der Lorbeer. Ein volles Jahrhundert ist verflossen seit der Zeit, da er unter uns gewandelt hat, und noch steht er da, unerreicht und unerreichbar, ein Riese unter den Pygmäen, sein Haupt mit dem Strahlenkranze der Unsterblichkeit umwunden.

§. 22. (Unterschied der Welt- und Literatur-Geschichte.) Die sogenannte Weltgeschichte, worunter wir gewöhnlich die der Regenten und der von ihnen geführten Kriege verstehen, ist in mehr als einer Beziehung sehr verschieden von der Geschichte der menschlichen Kultur. In jener gehen die großen Epochen derselben gewöhnlich nur von Einem Menschen aus, und sie sind nur zu oft von den heftigsten Erschütterungen begleitet. Plötzlich erhebt sich, nicht selten aus dem Staube der Unbekanntschaft, der Friedensstörer. Trotzend seiner Zeit und ihren Vorurtheilen, allen göttlichen und menschlichen Gesetzen Hohn sprechend, selbst den Kampf mit den Elementen und den Geistern des Schicksals nicht scheuend — verbreitet er sich mit seinen Heeren über ganze Länder und Welttheile und tritt das Glück der Völker unter seine Füße, um auf den Trümmern desselben seiner Dynastie einen Thron und sich selbst, am Ende seiner Thaten, die Verwünschung der Nachwelt, oder auf einer wüsten Insel im Weltmeere, ein enges Grab zu erobern.

Nicht so in dem großen Reiche der Wissenschaften, deren Wachsthum nur langsam, und die blutlosen Fehden der Gelehrten etwa aus-

Digitized by Google

genommen, immer friedlich vor sich geht, und wo nur selten oder nie der Einzelne, ohne Hülfe der Anderen, eine neue Epoche begründen kann. Die meisten großen Conceptionen, deren unsere Kulturgeschichte erwähnt, sind nur scheinbar von einem einzigen Manne ausgegangen. Denn nicht nur die eigentliche Ausführung, die immer fremder Hände bedarf, sondern die erste Idee selbst entsprang gewöhnlich nur aus verwandten Ansichten mehrerer vorhergegangener Geister. In der That findet man, daß beinahe jede große Revolution in dem Gebiete der Kultur von einer Art allgemeiner geistiger Fermentation eingeleitet worden ist, die beinahe alle bessere Köpfe des Jahrhunderts, wie durch einen höhern Instinct getrieben, auf denselben Gegenstand gerichtet hat. Anfangs klein und unbemerkbar nimmt das Gedränge allmählig zu, um jenen Punkt, wo der Schatz begraben liegt; zuerst Einzelne, dann Mehrere rütteln an dem verschlossenen Thore, bis endlich, wenn alle Vorbereitungen erschöpft sind, der Sohn des Glücks hervortritt aus der Menge und mit einem Drucke seiner Hand die Riegel sprengt, wo dann sofort aus der weit geöffneten Pforte ein Strom von Licht sich ergießt, der die ganze unbekannte, früher in tiefe Nacht begrabene Gegend mit seinen Strahlen, nicht mit jenem verzehrenden Feuer des Ehrgeizes und der Eroberungssucht, sondern mit den milden, wohlthätigen Strahlen der Wahrheit und der Erkenntniß erleuchtet.

§. 23. (Vorgänger Newton's.) Nahe zwei Jahrhunderte vor der Entdeckung, von welcher wir hier sprechen, hatte uns Copernicus (geb. 1472, gest. 1543) die Bewegung der Planeten in Kreisen gelehrt, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt die Sonne ist, und uns dadurch den Weg gezeigt, auf dem allein eine wahre Kenntniß des Himmels und ein Fortschreiten der Wissenschaft möglich war. Er gab uns das neue Testament der Astronomie, und Kepler (geb. 1571, gest. 1630) lieferte uns eine neue, wesentlich verbesserte Auflage desselben, indem er das unnütze Gerüste der Epicykeln niederriß, mit welchem die Alten unser Sonnensystem überladen hatten, und welches auch Copernicus noch beizubehalten gezwungen war. Er zeigte uns, daß sich die Planeten nicht in Kreisen, sondern in Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne ist, bewegen, und er lehrte uns die drei Gesetze kennen, nach welchen diese Bewegungen vor sich gehen. Dadurch erst gewann die Sternkunde eine mathematische Unterlage und eine eigentlich streng wissenschaftliche Gestalt. (Vergl. I. Kap. 8 und 9.)

Aber noch war der Grund dieser Gesetze, gleichsam das einzige oberste Gesetz unbekannt, von welchen jene drei nur ein Ausfluß, eine bloße Folge seyn sollten. Zwar hatte Kepler selbst mehr als eine Muthmaßung darüber aufgestellt, aber auch nur Muthmaßungen, durch keine Rechnung unterstützt und alles eigentlichen Beweises entbehrend. An geistiger Kraft fehlte es dem seltenen Manne nicht, diese von ihm geahnte Höhe zu erreichen; aber seine kläglichen Lebensverhältnisse, die Mißgunst des Schicksals, ohne das nichts Großes gedeiht, und vielleicht selbst die zu große Lebhaftigkeit seiner Imagination, die ihn nur zu oft in Irrwegen und grundloser Spekulation herumführte, hinderten ihn, seinem Haupte die Krone aufzusetzen, deren er so würdig war, und die er, nicht aus Mangel an eigenem Verdienste, einem Andern überlassen mußte.

Diese beiden Männer gingen Newton in größerer Entfernung voraus. Es fehlte aber auch nicht an anderen, näheren Vorgängern, die der großen Entdeckung, durch die Jener sich unsterblich machte, oft nahe genug kamen. Bouilloud, ein Arzt in Frankreich, stellte in seiner

Digitized by Google

Astronomica Philolaica, die im Jahre 1645 erschien, bereits den Satz auf, daß die Kraft, mit welcher die Sonne auf die Planeten wirkt, sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung der Planeten von der Sonne verhalte. Dieß war im Grunde Newton's Basis, aber da es nur als eine Hypothese vorgetragen und durch keine Beweise unterstützt war, so blieb es ohne weitere Folgen und wurde bald darauf wieder vergessen. — Borelli's Werk über die Satelliten Jupiters, das im Jahre 1666 erschien, stellte ebenfalls die Ansicht auf, „daß die Bewegungen der Planeten um die Sonne nach denselben Gesetzen vor sich gehen müssen, nach welchen sich diese Satelliten in ihren Bahnen um ihren Hauptplaneten bewegen, und nach welchen zugleich der Mond um unsere Erde geht.“ Eine eben so wichtige als richtige Bemerkung, die aber, aus derselben Ursache, ohne Früchte zu tragen, wieder verloren ging.

Noch näher trat der Sache Robert Hooke, Newton's Zeitgenosse und Gegner, ein erfindungsreicher Kopf, der schon in demselben Jahre, 1665, der königl. Akademie in London eine Abhandlung über die Abnahme der Schwere der Körper in verschiedenen Höhen über der Erde vorgetragen hatte. Im Mai desselben Jahres las er in dieser Akademie eine Abhandlung über die Bewegung der Planeten um die Sonne, in welcher er die Entstehung der krummen Bahnen der Planeten durch die Verbindung einer constanten Tangentialkraft dieser Himmelskörper mit einer veränderlichen Centrifugalkraft der Sonne zu erklären suchte. In einer im Jahre 1674 von ihm herausgegebenen Schrift stellt er die Sätze auf, „daß alle Himmelskörper eine gegen ihren Mittelpunkt gerichtete Anziehungskraft haben, wodurch sie nicht nur auf ihre eigenen Elemente, sondern auch auf alle anderen Körper außer ihnen wirken; daß die anziehenden Kräfte desto stärker sind, je näher die angezogenen Körper stehen“ u. s. w.

Allein alle diese und ähnliche Ideen, die einer genauen und fortgesetzten Betrachtung würdig gewesen wären, wurden nur eben hingeworfen, ohne sie weiter zu verfolgen. Dieses Verfolgen des ersten flüchtigen Gedankens, dieses Brüten über ihm ist es aber, was ihn zur Reife bringen, und was allein die Wissenschaften wahrhaft fördern konnte. Wußte doch Newton selbst die Anfrage seines Freundes Halley, auf welche Weise er zu seinen großen Entdeckungen gekommen sey, nur mit den wenigen, aber inhaltschweren Worten zu erwidern: „Indem ich unablässig darüber nachdachte.“

Endlich wurde auch Huygens, Newton's Zeitgenosse und Rival, oft auf demselben Wege mit ihm gefunden. Huygens (geb. 1625, gest. 1695) war ohne Zweifel einer der größten Geometer und der sinnreichsten Köpfe seiner und selbst aller Zeiten. Seine Theorie der Evolutionen, die von ihm entdeckten merkwürdigen Eigenschaften der Cycloide, seine Arbeiten über die Wahrscheinlichkeitsrechnung, sein erstes Aufstellen und Ausbilden der Theorie der Kreisbewegung und des Stoßes der Körper, seine Bestimmung des Schwingungspunkts der Pendel, seine wesentlichen Verbesserungen der Gewicht- und Federuhren, seine optischen Entdeckungen über die Natur des Lichtes, über die Theorie der Fernröhre, über die doppelte Strahlenbrechung des isländischen Krystalls, selbst seine praktischen Verbesserungen der optischen Instrumente, mit welchen er den ersten Satelliten Saturns und den Ring dieses Planeten entdeckte — alle diese und noch mehrere andere, große Verdienste sichern ihrem Urheber eine der ausgezeichnetsten Stellen in der Geschichte der wissenschaftlichen Kultur, und es fehlte vielleicht nur ein Schritt, um ihm selbst die erste, selbst die vor Newton, anzuweisen. Denn volle fünfzehn Jahre

Digitized by Google

schon vor der Bekanntmachung des Princips der allgemeinen Schwere durch Newton, hatte Huygens bereits die oben erwähnten Eigenschaften der Centralbewegung der Körper in Kreisen in dreizehn Propositionen öffentlich vorgetragen, und wenn er den Einfall gehabt hätte, nur zwei dieser Propositionen unter sich zu verbinden und sie als ein Beispiel auf die Rotation der Erde um ihre Axe und auf die Bewegung des Mondes um die Erde anzuwenden, (was Newton eigentlich später that, und wodurch er eben auf seine große Entdeckung geführt wurde), so würde Er der Schöpfer des neuen Systems geworden seyn. Aber er versäumte es, diese Anwendung, diesen letzten Schritt zu machen, und auch er mußte daher die Palme des Ruhmes einem Andern, einem Glücklicheren überlassen.

§. 24. (Veranlassung zu dieser Entdeckung Newton's.) Isaak Newton wurde am 25. Dez. 1642 geboren. In seinem 18ten Jahre betrat er die Universität zu Cambridge, beinahe ohne alle jene vorbereitende Bildung, welche die Schüler dieses berühmten Instituts bei ihrem Eintritte in dasselbe mitzubringen pflegten. Vielleicht aber wirkte eben dieser Mangel vortheilhaft auf seinen Geist. Er wurde von keinen Vorkenntnissen unterstützt, er hatte aber auch keine Vorurtheile zu besiegen. Er hatte nichts gelernt, er durfte auch nichts verlernen, und sein jugendlicher Geist konnte ungehindert seinen eigenthümlichen Gang gehen, den Weg des kleinsten Widerstandes, ohne sich von den Gebirgen von Hindernissen irren zu lassen, die sich vor ihm aufthürmten, die er aber nicht kannte, und die er bald darauf so glorreich besiegte.

Er wendete sich, gleich im Anfange seiner Studien, zur Mathematik. Seine Absicht dabei soll gewesen seyn, die Irrthümer der Astrologie, die zu jener Zeit noch viele Anhänger zählte, auf geometrischem Wege zu widerlegen. Euclid's Werke lernte er nur eben kennen, um sich sogleich wieder aus der Hand zu legen. Er fand sie zu leicht und betrachtete die meisten der in ihnen enthaltenen Sätze nur als eben so viele Axiome, deren Wahrheit sich gleichsam von selbst versteht. Er wendete sich daher sogleich zu der viel schwereren Geometrie des Descartes, zu Wallis Arithmethik des Unendlichen und zu Kepler's astronomischen Werken, welche er alle, die Feder in der Hand, las und sich daraus Auszüge machte, die er bis an das Ende seines Lebens bewahrte. Man erkannte bald den Geist, der in ihm lebte, und im Jahre 1669 wurde er, an des berühmten Barrow's Stelle, Professor der Mathematik in Cambridge, eine Stelle, die er bis zu dem Jahre 1695 begleitete, wo er zum Vorsteher der königl. Münze in London mit einem jährlichen Gehalte von 15000 Pf. Sterling berufen ward, welches Amt er bis an sein Ende beibehielt, das am 20. März 1727 im 85sten Jahre seines Alters erfolgte.

Gegen das Jahr 1662 wendete er seine ganze Aufmerksamkeit gegen die Optik, und insbesondere gegen die Natur des Lichtes, über welche er auch bald darauf die glänzendsten Entdeckungen machte. Als aber im Jahre 1666 eine pestartige Krankheit die Umgegend von Cambridge verheerte, zog er sich auf einige Monate in seinen Geburtsort, Woolsthorpe zurück, ein Dorf in Lincolnshire, nahe eine deutsche Meile südlich von der Stadt Grantham.

Hier saß er eines Tages in seinem Garten, als er, wie man erzählt, durch den Fall eines Apfels von einem nahen Baume, auf die erste Idee der allgemeinen Schwere geleitet wurde. Dieser Baum war lange ein Gegenstand der besonderen Beachtung aller Verehrer Newton's. Erst im Jahre 1826 wurde der morsche Stamm desselben von einem Sturme gestürzt und aus seinem Holze ein Stuhl verfertigt, der den

Digitized by Google

Freunden des hingeschiedenen großen Mannes, wenn sie seine Geburtsstätte besuchen, noch jetzt mit einer Art von Andacht gezeigt zu werden pflegt. Wenn übrigens diese Erzählung von dem Apfel, die erst in den neuesten Zeiten wieder mehrere Vertheidiger gefunden hat, auch nicht ganz verbürgt seyn sollte, so ist sie doch weder sehr unwahrscheinlich, noch die einzige ihrer Art. Auch Galilei, auf den sein Vaterland noch jetzt stolz ist, auch er soll durch den Anblick einer schwingenden Lampe, die von dem Innern des Kirchendoms zu Pisa herabhing, auf die Theorie des Pendels und dadurch auf die eigentliche Begründung der Mechanik geführt worden seyn, eine Wissenschaft, deren Schöpfer er ist, und von welcher die Alten nicht einmal eine Ahndung hatten.

§. 25. (Fragen, die sich Newton darboten.) Warum fällt der Apfel, und überhaupt jeder Körper, wenn er nicht gehalten oder unterstützt wird? Da er immer in einer senkrechten Richtung zur Erde hin fällt, so scheint in dieser Erde etwas zu seyn, das ihn an sich zieht. Dieses Etwas, diese Kraft, wie wir es nennen wollen, auf welche Weise, nach welchem Gesetze wirkt sie auf den fallenden Körper? Und wie weit erstreckt sie sich von der Erde? Wenn sie z. B. bis zu dem Monde reichen sollte, welche Wirkung äußert sie auf diesen Himmelskörper? Er hängt doch offenbar mit der Erde zusammen, so wie jener fallende Stein, da er, wenn er gleich nicht zur Erde fällt, sich doch in einem Kreise um die Erde bewegt. Sollte vielleicht diese Bewegung eine Folge jener Kraft der Erde seyn, die den Stein zu ihr fallen macht? Und wenn dieß zugegeben wird, obschon man eben die Verbindung zwischen diesen beiden Erscheinungen nicht sieht, dürfte man dann nicht noch weiter geben, und dieselben Schlüsse auch auf diese Erde selbst, ja auf alle übrige Planeten unseres Sonnensystems anwenden? — In der That, die Erde und diese Planeten alle bewegen sich, wie schon Copernicus gezeigt hatte, in Kreisen um die Sonne, ganz so, wie sich der Mond in einem Kreise um die Erde bewegt. Wird nun der Mond zu seiner Bewegung durch jene Kraft der Erde gezwungen, könnten nicht auch die Erde und alle Planeten zu ihrer Bewegung um die Sonne durch eine ähnliche, in der Sonne wohnende Kraft gezwungen werden?

Große Fragen fürwahr, da offenbar von ihnen die ganze Kenntniß der Organisation unseres Planetensystems abhängt. Und alles dieß wegen eines Apfels, der zufällig vor uns zur Erde fällt! — Wie viele Millionen, seit die Erde steht, sahen so gut wie Newton die Körper fallen, ohne dadurch auf solche Fragen geführt zu werden, ja ohne dabei auch nur überhaupt etwas zu denken.

Und doch — es sind nur Fragen, Meinungen, Hypothesen, und nichts weiter. Es mag wohl immer, in alten und neuen Zeiten, Menschen gegeben haben, die bei solchen Gelegenheiten auf ähnliche Fragen kamen. Aber nicht die Frage — die Antwort ist es, auf die in solchen Fällen alles ankömmt. Kepler, Hooke, Huygens waren, nach dem, was wir oben von ihnen gehört haben, Männer, die sich in der That, wenn auch nicht eben diese, doch ihnen sehr ähnliche Fragen vorgelegt haben müssen. Aber haben sie sie auch beantwortet, auf die einzige Art, wie man solche Fragen beantworten soll: durch Rechnung, mit dem Griffel in der Hand? Es fiel ihnen nicht ein, oder sie fanden kein Mittel dazu, diese Wahrheit, wenn es eine seyn sollte, näher zu untersuchen, und sie auf dem allein untrüglichen Probirstein der Rechentafel abzureiben. Deßhalb blieb die Sache, wie sie war, eine Meinung, eine bloße Hypothese, die keine Folgen, keine Früchte hatte.

Digitized by Google

Die nähere Untersuchung des Gegenstandes forderte aber drei Dinge, die zuerst bekannt seyn mußten: I. die Art, auf welche jene Kraft wirkt. II. die Kenntniß der Umlaufszeit des Mondes und III. die der wahren Größe der Erde.

§. 26. (I. Wie die Attraction wirkt.) Das Erste, was Newton kennen mußte, war die Art, auf welche diese Kraft der Erde, wenn sie überhaupt existirt, auf nahe und ferne Gegenstände wirken soll. An der Oberfläche der Erde fallen die Körper, wie die Beobachtungen zeigen, in der ersten Secunde durch 15 (genauer durch 15.098) Par. Fuß, und man kann annehmen, daß diese Größe dieselbe ist für alle Orte der Oberfläche der Erde, und selbst für alle Höhen und Tiefen, zu welchen wir noch gelangen können. Diese Beständigkeit der Kraft der Erde würde einen schwächeren Kopf verleitet haben, die ganze Untersuchung gleich anfangs wieder aufzugeben. Wenn diese Kraft in der Höhe einer deutschen Meile über der Erde, und so hoch sind beinahe die größten Berge, die wir kennen, noch immer dieselbe, wie an der Oberfläche der Erde ist, so scheint sie überhaupt in allen Entfernungen dieselbe zu bleiben. Allein Newton ließ sich dadurch nicht irre machen, da er zu sehr davon überzeugt war, daß diese Kraft in größeren Entfernungen immer kleiner werden müsse. Vielmehr bestärkte ihn dieß in seiner Vermuthung. Denn wenn die Kraft der Erde, selbst in der Entfernung einer Meile, noch immer dieselbe zu seyn scheint, so muß sie eine sehr starke Kraft seyn, so muß sie, da sie nun einmal nicht immer dieselbe bleiben kann, nur sehr langsam abnehmen, so muß sie am Ende selbst noch in der Gegend des Mondes groß genug seyn, um dort, um an diesem Himmelskörper noch bemerkbare Veränderungen hervorzubringen, und eben diese Veränderungen waren es, die er suchte.

Man kann sich aber diese Anziehungskraft der Erde nicht wohl anders vorstellen, als durch einen Strahlen- oder Seilen-Büschel, dessen einzelne Linien alle aus dem Mittelpunkte der Erde auslaufen, wie etwa die Strahlen eines Lichtes, das in dem Mittelpunkte dieser Erde seinen Sitz hat. Denkt man sich eine hohle Kugelfläche, deren Halbmesser z. B. 100 Fuß beträgt, und deren Mittelpunkt mit jenem der Erde zusammenfällt, so wird die innere Fläche dieser Kugelschaale von jenem Lichte mit einer gewissen Stärke beleuchtet werden. Wenn aber der Halbmesser dieser Kugel noch einmal so groß, also gleich 200 Fuß wäre, so wird diese zweite hohle Kugelschaale in ihrem Innern von demselben Lichte offenbar schwächer beleuchtet werden. Zwar fällt alles Licht, welches früher die kleinere Kugel beschien, jetzt auch auf die größere; aber da die Oberfläche der zweiten viel größer ist, als die der ersten, so werden die auf die zweite Kugel fallenden Strahlen, da sie divergirend von dem Mittelpunkte ausgehen, auch viel weiter von einander entfernt seyn, d. h. mit andern Worten, die zweite Kugel wird von demselben Lichte schwächer erleuchtet werden, als die erste, und zwar genau um so viel schwächer, als die Oberfläche dieser zweiten Kugel größer ist, als die Oberfläche der ersten. Da sich aber die Oberfläche der Kugeln bekanntlich wie die Quadrate ihrer Halbmesser verhalten, so wird die Fläche der zweiten Kugel, deren Halbmesser 2mal so groß ist, als jener der ersten, auch 2mal oder 4mal schwächer erleuchtet werden. Eben so wird für eine Kugel von einem 3mal so großen Halbmesser, als die erste, die Beleuchtung 3mal 3 oder 9mal schwächer seyn, für einen 4mal so großen Halbmesser 16mal schwächer u. s. w., kurz, die Beleuchtung wird abnehmen, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, oder, was dasselbe ist, die Beleuchtung dieser innern Kugelschaale, in jedem einzelnen Punkte ihrer

Digitized by Google

Oberfläche, wird sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhalten.

Dasselbe wird also auch wohl von der Anziehung der Erde auf alle Körper außer ihr gelten, wenn anders die vorhergehende Voraussetzung richtig ist, daß diese beiden Dinge, Licht und Attraction, sich auf gleiche Weise von ihren Centralkörpern aus verbreiten. Die Folge wird uns lehren, ob man sich diese Voraussetzung erlauben darf, d. h. ob die auf diese Weise erhaltenen Erscheinungen der Attraction auch in der That mit den Beobachtungen übereinstimmen. Von irgend einer Voraussetzung über die Wirkungsart dieser Kraft muß man ausgehen, wenn man diese Wirkungen einer Rechnung unterwerfen will. Die eben angenommene ist die natürlichste und einfachste, die man wählen kann. Der Erfolg wird zeigen, ob sie auch die wahre ist.

Newton nahm aber diese Voraussetzung nicht auf Gerathewohl, und bloß auf die, übrigens durch nichts bewiesene Analogie mit dem Lichte gestützt, an. Er hatte noch einen anderen, besseren Grund, und diesen verdankte er den Vorarbeiten Keplers und Huygens, deren Entdeckungen er nun zu seinem Zwecke benutzen konnte.

Kepler hatte nämlich im Jahre 1618 durch sehr mühsame, und Jahre lang mit seltener Ausdauer fortgeführte Rechnungen gefunden, daß die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne sich wie die Würfel der Halbmesser ihrer Bahnen verhalten (I. §. 146). Huygens aber hatte unter den oben erwähnten dreizehn Propositionen auch den Satz aufgestellt, daß bei den in Kreisen umlaufenden Körpern die Quadrate ihrer Umlaufszeiten sich verhalten, wie die Halbmesser dieser Kreise, dividirt durch den Druck, welchen diese Körper senkrecht auf die Peripherie ihrer Bahn ausüben. Dieser Druck muß aber als die Kraft angesehen werden, welche, indem sie gegen den Mittelpunkt des Kreises gerichtet ist, eben diese Kreisbewegung des Körpers erzeugt. Verbindet man daher diese beiden Sätze mit einander, so folgt, daß bei allen Kreisbewegungen der Druck der bewegten Körper, d. h. die im Mittelpunkte dieser Kreise wohnende bewegende oder anziehende Kraft sich verhalten muß, wie verkehrt das Quadrat dieses Halbmessers, d. h. also wie verkehrt das Quadrat der Entfernung des angezogenen Körpers von dem anziehenden Mittelpunkte, und dieß ist eben der Satz, welchen wir oben für die Attraction der Körper überhaupt, aus der Analogie derselben mit dem Lichte, abgeleitet haben. Newton kannte diese Proposition und benutzte sie auch in der That zu diesem Zwecke, wie er dieß selbst in einem seiner spätern Briefe an Halley gestand. Die Entdeckung Kepler's aber war zu jener Zeit, als Newton seine Untersuchungen anstellte, nicht nur ihm, sondern der ganzen astronomischen Welt bekannt und längst schon als eine unbestreitbare Wahrheit angenommen worden.

§. 27. (II. Umlaufszeit des Mondes um die Erde.) Wenn Newton durch unmittelbare Versuche oder auf Beobachtungen gegründete Rechnungen entscheiden wollte, ob es in der That dieselbe Kraft ist, die den Stein auf die Erde fallen macht, und die den Mond um dieselbe bewegt, so mußte er zweitens die Zeit, in welcher der Mond sich um die Erde bewegt, oder er mußte die Revolution des Mondes mit großer Genauigkeit kennen. Wir haben aber bereits oben (I. §. 125) gezeigt, daß man, wenn man zwei in der Zeit sehr von einander entfernte Beobachtungen des Mondes vergleicht, die wahre Größe dieser Revolution mit aller nur wünschenswerthen Schärfe bestimmen kann, wie denn auch bereits die alten Griechen sie so genau bestimmt hatten, daß die neueren

Digitized by Google

Astronomen nur wenig oder nichts mehr hinzufügen konnten. Diese Umlaufszeit des Mondes um die Erde, in Beziehung auf die Fixsterne oder die sogenannte siderische Revolution desselben (I. §. 100) beträgt 27.3216614 Tage. Da er in dieser Zeit volle 360 Grade oder 1296000 Secunden beschreibt, so findet man leicht durch eine einfache Proportion, daß der Mond in seiner Bewegung um die Erde in jeder Zeitsecunde den kleinen Winkel von 0.5479 Secunden zurücklegt. Allein man weiß, daß die halbe Peripherie eines jeden Kreises, dessen Halbmesser für die Einheit angenommen wird, 3.1415926 Theile dieses Halbmessers beträgt, daß also zu einem Winkel von 648000 Secunden der Bogen 3.1415926 und daher auch zu einem Winkel von einer einzigen Secunde der Bogen von 0.0000048481 Halbmessern gehört. Multiplicirt man daher die letzte Zahl durch 0.5479, so folgt, daß der Bogen der Mondsbahn, der von diesem Himmelskörper in jeder Secunde beschrieben wird, gleich dem 0.00000265636ten Theil des Halbmessers der Mondsbahn ist. Es ist aber aus dem Kap. V. des I. Theiles bekannt, wie man die Entfernung des Mondes von der Erde durch die Beobachtung der Parallaxe dieses Gestirns findet. Diese Beobachtungen gaben die Entfernung des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde, oder den Halbmesser der Mondsbahn gleich 60.16 Halbmesser der Erde. Multiplicirt man daher die beiden letzten Zahlen durch einander, so findet man, daß der Bogen, welchen der Mond in seiner Bahn während jeder einzelnen Secunde zurücklegt, nur 0.0001598 Erdhalbmesser beträgt.

§. 28. (III. Bestimmung des Halbmessers der Erde.) Allein diese letzte Bestimmung der Entfernung des Mondes kann noch nicht zu *unserem Zwecke* gebraucht werden. Unsere Absicht ist nämlich, den Fall der Körper auf der Erde mit der Bewegung des Mondes zu vergleichen, um zu sehen, ob in der That beide aus derselben Ursache entspringen. Da aber dieser Fall in Toisen oder Fußen ausgedrückt ist, so müssen wir auch jenen Bogen der Mondesbahn in demselben Maaße kennen, oder mit andern Worten, wir müssen wissen, wie viel Toisen der Halbmesser der Erde beträgt.

Wir haben oben (I. Kap. 1. und 2.) das Vorzüglichste von dem mitgetheilt, was wir über die Gestalt und Größe der Erde wissen. Allein Newton kannte diese Bestimmungen noch nicht, da die zu diesem Zwecke angestellten Messungen der Erde erst nach ihm unternommen wurden. Die erste bessere Gradmessung ist die von Picard in Frankreich, der im Jahre 1669, also drei Jahre nach Newton's Aufenthalt in Woolsthorp, den Grad eines Meridians oder den Breitengrad der Erde gleich 342360 Fuß gefunden hat, woraus folgt, daß der Halbmesser der Erde 19615780 Par. Fuß beträgt.

Zwar hatte schon früher, im Jahre 1615, Snellius in Holland durch seine mit vieler Umsicht angestellte Vermessung diesen Grad gleich 330432 Fuß, also zu unserem Zwecke genau genug, gefunden, aber Newton scheint von dieser Bestimmung eben so wenig, als von der seines Landsmannes Norwood, Nachricht erhalten zu haben, welcher letzte im Jahre 1634 den Breitengrad der Erde gleich 343800 Fuß, also noch genauer, als selbst Picard, gefunden hatte. Auch mochte er diejenigen Werke, in welchen von diesen damals noch neuen Messungen gesprochen wurde, in der Zurückgezogenheit seines ländlichen Aufenthaltes nicht bei der Hand gehabt, und, einer damals allgemein angenommenen Voraussetzung gemäß, den Erdgrad in runder Zahl zu 60 englischen Meilen angenommen haben. Da die englische Meile 4954.19 Par. Fuß enthält, so betrug also, seiner Annahme gemäß, der Erdgrad nur 297251, und der daraus

Digitized by Google

folgende Halbmesser der Erde nur 17031230 Fuß. Man sieht, daß diese beiden Zahlen beträchtlich, nahe um ihr Siebentheil, kleiner sind, als die oben von Picard's Messungen angeführten Resultate. Multiplicirt man die letzte Zahl mit der oben angegebenen 0.0001598, so findet man 2721.59 Pariser Fuß für den Bogen, welchen der Mond in seiner Bahn während jeder Zeitsecunde zurücklegt. — So hatte nämlich Newton diesen Bogen gefunden. Allein wenn er, statt seiner fehlerhaften Voraussetzung über die Größe der Erde, denjenigen Halbmesser derselben, nämlich 19615780 Fuß, gebraucht hätte, den Picard aus seinen Messungen abgeleitet hat, so würde er für diesen Bogen die Größe von 3134.6 Fuß gefunden haben, welche Zahl wieder nahe um ihr Siebentheil größer ist, als die vorhergehende.

§. 29. (Anziehung der Erde in größeren Entfernungen von ihrem Mittelpunkte.) Auf der Oberfläche der Erde fällt, wie wir gesehen haben, jeder Körper in der ersten Secunde durch 15 Fuß. Wie tief wird er aber in einer Entfernung von zehn, hundert, tausend Meilen von der Oberfläche der Erde, in derselben Zeit von einer Secunde fallen?

Die Antwort auf diese Frage ist leicht, wenn man das in I. betrachtete Gesetz der Abnahme der Anziehungskraft der Erde als richtig voraussetzt. Dieser senkrechte Fall des Körpers zur Erde ist nämlich die reine Wirkung jener Kraft und kann selbst für das eigentliche Maaß dieser Kraft genommen werden. Der Fall wird daher für jede in Halbmessern der Erde gegebene Entfernung gleich seyn der Zahl 15, dividirt durch das Quadrat dieser Entfernung. Der höchste Berg, den wir kennen, ist ein Pic des Himalaja in Tibet, dessen Höhe 24150 Fuß beträgt. Seine Höhe ist also noch nicht der achthundertste Theil des Erdhalbmessers nach Picard, oder der Gipfel dieses Berges ist 1.0012 Erdhalbmesser von dem Mittelpunkte der Erde entfernt. Dividirt man die Einheit durch das Quadrat dieser Zahl, so erhält man 0.998, und dieß durch 15 multiplicirt gibt 14.970. Die Körper fallen demnach auf der Spitze dieses Berges in der ersten Secunde nur durch 14,97 Fuß oder beinahe um $4^3/_{10}$ Linien weniger tief, als am Niveau des Meeres, oder endlich, wenn die Kraft der Erde an ihrer Oberfläche zur Einheit genommen wird, so ist sie auf dem Gipfel jenes Berges nur mehr 0.998, also um ihren zweitausendsten Theil kleiner, als zuvor. Eine so geringe Verschiedenheit konnte allerdings durch unsere Beobachtungen nicht mehr entdeckt werden, daher man auch, zu Newton's Zeiten, die Schwere an allen Orten der Erde gleich groß voraussetzte.

Wenn aber ein Körper um den ganzen Halbmesser der Erde über die Oberfläche derselben gebracht werden könnte, so würde er in dieser Entfernung, die die doppelte von jener an der Oberfläche ist, in einer Secunde nur mehr durch den vierten Theil von 15 oder nur durch 3.75 Fuß fallen. In einer dreimal so großen Entfernung, oder in der Distanz von drei Erdhalbmessern von dem Mittelpunkte der Erde, wird er durch den 9ten Theil jener Größe, oder nur durch 1.67 Fuß, in einer zehnmal größeren Entfernung nur durch den 100sten Theil, oder durch 0.15 Fuß fallen u. s. w.

Wenn also endlich derselbe Körper bis in den Ort, wo der Mond ist, d. h. wenn er in die Entfernung von 60.16 Erdhalbmessern von dem Mittelpunkte der Erde gebracht würde, so würde er daselbst in der ersten Secunde durch 15, dividirt durch das Quadrat von 60.16, das heißt, er würde in der Gegend des Mondes nur mehr durch 0.00414 Fuß fallen, oder er würde in der ersten Secunde sich nahe $^1/_{10}$ einer Linie der Erde nähern.

Digitized by Google

Dieß Resultat ist, als Ergebniß der Rechnung, völlig gewiß, wenn anders die obige Voraussetzung, auf welche diese Rechnung gegründet ist, richtig ist, daß nämlich die Attractionskraft der Erde sich verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung, verhält. Allein ist diese Voraussetzung auch in der That richtig? — Dieß eben soll hier entschieden werden, und zwar durch unmittelbare Beobachtungen, durch Beobachtungen an dem Monde entschieden werden. Wenn uns diese Beobachtungen zeigen könnten, daß der Mond in der That in jeder Secunde durch 0.00414 Fuß zur Erde fällt, so ist unsere Voraussetzung richtig, und das Gesetz der Anziehung der Erde, das Gesetz der Schwere ist durch Experimente nachgewiesen und muß sonach als wahr anerkannt werden.

Allein wie sollen uns die Mondesbeobachtungen zeigen, daß dieser Himmelskörper in der That in jeder Secunde so viel zur Erde fällt? Wir sehen ihn nicht fallen, und wenn er auch in der That fallen sollte, so haben wir kein Mittel, die Größe dieses Falls zu messen. Alles, was wir von seiner Bewegung wissen, ist, daß der Bogen, den er in jeder Secunde um die Erde beschreibt, 2721.59 oder auch 3134.6 Fuß beträgt, je nachdem wir den Halbmesser der Erde nach Newton oder nach Picard annehmen. Was soll aber aus diesem Bogen für den Fall des Mondes zur Erde folgen?

§. 30. (Wirkung dieser Attraction der Erde auf ruhende und auf bewegte Körper.) Um die letzte Frage zu beantworten, müssen wir in unserer Untersuchung wieder einige Schritte zurückgehen.

Wenn der Mond durch irgend eine mächtige Hand festgehalten, und dann plötzlich ausgelassen würde, so müßte er ohne Zweifel in einer geraden Linie zur Erde fallen, und sich ihr, wie wir gesehen haben, in der ersten Secunde um 0.00414 Fuß nähern, ganz aus demselben Grunde, wegen welchem der Stein auf der Oberfläche der Erde in derselben Zeit durch 15 Fuß fällt, wenn die Hand, die ihn hält, sich wendet und dadurch den Stein seiner bisherigen Unterstützung beraubt. Allein jene unsichtbare Hand, die vielleicht auch vor Zeiten den Mond festgehalten hat, kann sich nicht bloß gewendet haben, als sie den Mond sich selbst oder vielmehr der Wirkung der Erde überließ, sondern sie muß ihn, als sie ihn seinem ferneren Schicksale überlassen wollte, mehr als nur ausgelassen, sie muß ihn aus der Hand geworfen haben, und die Richtung dieses Wurfes muß, nicht auf die Erde zu, sondern seitwärts gegangen seyn, weil sonst der Mond wieder in einer geraden Linie zur Erde herabgefallen wäre, was er doch nicht gethan hat, da er vielmehr, wie wir sehen, einen Kreis um die Erde beschreibt.

Die Existenz dieser Bahn, die uns vor Augen liegt, führt uns daher auf zwei Voraussetzungen, ohne welche jene Bahn sich nicht als möglich denken läßt. Der Mond muß nämlich von zwei verschiedenen Kräften in Bewegung gesetzt werden, von einer ersten ursprünglichen, von einer Wurfkraft, und von der im Mittelpunkte seiner Bahn ruhenden Centralkraft oder von der Anziehungskraft der Erde. Jene ist eine nur im ersten Augenblicke wirkende Kraft, gleich der eines Stoßes, diese aber eine immerwährend thätige, und noch jetzt in jedem Augenblicke wirkende Kraft. Jene konnte alle mögliche Richtungen haben, nur nicht die gerade zur Erde hin, weil sonst der Mond auf die Erde gefallen wäre; diese aber hatte, und hat noch, ihre Richtung gegen den Mittelpunkt der Erde. Jene allein würde den Mond in irgend einer geraden Linie im Weltraume fortgeführt, und diese allein würde ihn, ebenfalls in einer geraden, aber zur Erde gerichteten Linie auf diese Erde geworfen haben, und beide zusammen endlich leiten ihn in der krum-

Digitized by Google

men Linie, in dem Kreise hin, den er eben, wie wir sehen, um die Erde beschreibt.

Die Kraft der Erde also erscheint in ihrer Wirkung bei der Bewegung des Mondes nicht mehr rein, sondern mit der Wirkung jener Wurfkraft, jenes Stoßes vermischt, welchen der Mond im Anfange seiner Bewegung erhalten haben muß, damit er diese Bahn, die wir an ihm beobachten, in der That beschreiben kann. Es wird daher, ehe wir an die eigentliche Auflösung unseres Problems gehen, nothwendig seyn, diese Mischung wieder aufzuheben und aus der so zusammengesetzten Bewegung des Mondes denjenigen Theil herauszusuchen, der, so wie jener Fall des Steines, bloß der Anziehung der Erde angehört.

Zu diesem Zwecke werden wir also die Wirkung dieser Anziehung der Erde, welche sie auf schon bewegte Körper äußert, untersuchen müssen. Glücklicher Weise können wir diese Untersuchung auf der Oberfläche der Erde alle Tage, und ohne alle Mühe anstellen. Wir sehen den Stein und überhaupt jeden Körper, wenn er aus der ruhenden Hand gelassen wird, senkrecht zur Erde fallen. Allein wenn er von derselben Hand geworfen wird, so sehen wir ihn nicht mehr in gerader Linie senkrecht fallen, sondern, gleich dem Monde, eine krumme Linie beschreiben, offenbar aus demselben Grunde, weil hier zwei Kräfte auf ihn wirken, die augenblickliche Kraft des Wurfs oder der erste Stoß der Hand, und die immer thätige Anziehungskraft der Erde. Wir bemerken ferner, daß die krumme Linie, die er auf diese Weise beschreibt, desto länger ist, je größer jene erste Kraft ist, mit welcher ihn die Hand geworfen hat. Die Kugeln unserer Feuergewehre geben uns davon eben so bekannte als auffallende Beispiele. Diese Maschinen treiben die von ihnen geworfenen Körper oft sehr weit über die Erde hin, und unsere Kanonenkugeln beschreiben, ehe sie wieder zur Erde fallen, einen desto längeren Bogen über derselben, je stärker die Ladung ist, mit welcher sie abgeschossen wurden. Und was hindert uns, anzunehmen, daß eine noch viel stärkere Ladung sie noch viel weiter, sie endlich ganz um die Erde herum treiben würde, so wie auch vielleicht der Mond von einer solchen ersten hinlänglich starken Kraft um die Erde getrieben wird?

Diese beiden Dinge sind offenbar so ähnlich, und einander in einem so hohen Grade analog, daß wir nur das eine derselben, den Stein oder die Kugel, deren Spiel in unserer Nähe vorgeht, näher betrachten dürfen, um das, was wir an ihm gefunden haben, auch sogleich auf das zweite, auf den Mond, übertragen zu können.

§. 31. (Fall der auf der Oberfläche der Erde geworfenen Körper.) Denken wir uns demnach vor einer horizontal aufgestellten Kanone eine vertikale Wand in einer solchen Entfernung von der Mündung des Geschützes, daß die Kugel, wenn sie diese Mündung verläßt, jener Wand genau in der Zeit von einer Secunde begegne. Bemerken wir überdieß zuerst denjenigen Punkt der Wand, der mit dem Mittelpunkte der Mündung in derselben Höhe liegt, oder den Punkt, welchen die Kugel treffen würde, wenn sie sich genau in horizontaler Richtung bewegen, wenn sie, während ihres Laufes, von der Erde nicht angezogen werden möchte. Bemerken wir dann aber auch, nach dem Schlusse, denjenigen Punkt der Wand, wo sie von der Kugel in der That getroffen worden ist. — Wo wird dieser zweite Punkt liegen? — Genau 15 Fuß unter dem ersten, wie sich jeder selbst überzeugen kann, der das Experiment anstellen will. Also genau eben so viel, als sie, in dieser ersten Secunde, frei gefallen wäre, wenn man sie, statt sie aus der Kanone zu schießen, bloß aus der umgewendeten Hand hätte fallen lassen.

Digitized by Google

Was sollen wir aus dieser merkwürdigen Uebereinstimmung schließen? — Offenbar, daß, wenn zwei Kräfte auf einen Körper wirken, jede derselben die gleiche Veränderung in ihm hervorbringt, die sie hervorgebracht haben würde, wenn sie allein auf ihn gewirkt hätte, oder wenn die andere gar nicht da gewesen wäre. Vermöge des Wurfes der Hand geht der Stein in der Richtung dieses Wurfes in derselben geraden Linie fort, die er beschreiben würde, wenn die Erde keine anziehende Kraft hätte. Und vermöge dieser letzten Kraft fällt er ganz eben so in senkrechter Richtung zur Erde, als er gefallen seyn würde, wenn jener Wurf der Hand nicht Statt gehabt hätte, sondern wenn der Stein nur aus der ruhenden Hand gefallen wäre. Beide Kräfte zusammen aber bewirken die krummlinige Bahn dieses Steines, deren jedes noch so kleine Theilchen, jedes Element, aus dem Elemente dieser geraden Wurflinie und aus dem Elemente jener senkrechten Falllinie zusammengesetzt ist.

Dasselbe wird also auch von dem Monde gelten und unmittelbar auf ihn angewendet werden können. Die gerade Linie, in welcher er sich vermöge seiner ursprünglichen Wurfkraft zu bewegen sucht, wird die auf den Halbmesser seines Kreises senkrechte Tangente seyn, in welcher er jeden Augenblick von der Erde fortgehen will und auch in der That fortgehen würde, wenn die Anziehung der Erde ihn nicht zurückhielte. Und diese Anziehung der Erde wird wieder die kleine gerade Linie seyn, um welche er, indem er die Richtung jener Tangente verläßt, in jeder Secunde der Erde näher rückt oder eigentlich zu ihr hinfällt.

Welches ist aber diese letzte gerade Linie, um welche sich der Mond in jeder Secunde der Erde nähert? —

§. 32. (Anwendung des Vorhergehenden auf den Mond.) Sey C Fig. 87 der Mittelpunkt der Erde, und zugleich jener der Mondesbahn AMD. Indem der Mittelpunkt A des Mondes diesen Punkt A seiner Bahn verläßt, um seinen Weg fortzusetzen, wird er, wenn keine andere Kraft auf ihn wirkte, nicht anders, als in der Richtung, die er bei seiner Ankunft in A hatte, d. h. er wird in der geradlinigen Tangente AB seiner Bahn, die auf seiner Entfernung CA senkrecht steht, fortgehen. Allein da er zugleich von der Erde angezogen wird, so kann er, am Ende der ersten Secunde, nicht in dem Punkte B dieser Tangente, sondern er muß in irgend einem der Erde C nähern Punkte, nämlich in dem Punkte M seiner kreisförmigen Bahn seyn, ganz eben so, wie vorhin die Kugel der ihr gegenüberstehenden Wand nicht in dem horizontalen Visirpunkte, sondern in einem anderen, tieferen Punkte begegnete. Auf dieselbe Weise begegnet also auch jetzt der Mond dem ihm gegenüberstehenden Halbmesser CB oder dieser seiner Wand nicht in dem Visirpunkte B, sondern in dem der Erde nähern Punkte M, und die Distanz dieser beiden Punkte, das heißt die kleine Linie BM ist es, um welche der Mond in der ersten Secunde, seit er von A ausging, zur Erde fiel, und um welche er auch in der That schon von dem Punkte A aus gefallen seyn würde, wenn bloß die Anziehung der Erde, ohne jene Wurfkraft, auf ihn gewirkt hätte.

Diese kleine Linie BM also, die den eigentlichen Fall des Mondes zur Erde während jeder Secunde ausdrückt, diese ist es, deren Größe wir nun bestimmen sollen, um zu sehen, ob sie mit derjenigen übereinstimmt, die wir oben aus unserer Voraussetzung abgeleitet haben, wo wir fanden, daß der Mond in jeder Secunde um 0.00414 Fuß zur Erde fallen soll.

Allein wie soll man diese Größe BM finden? — Wir kennen von

Digitized by Google

der Mondsbahn bloß die Größe des Halbmessers CA oder CD und die Größe des Bogens AM seiner Bahn, den der Mond in jeder Secunde zurücklegt.

§. 33. (Berechnung des Falls des Mondes gegen die Erde.) Die ersten und einfachsten Elemente der Geometrie reichen aber schon hin, zu zeigen, daß diese Größe BM gleich ist dem Quadrate des Bogens AM dividirt durch den Durchmesser AD des von dem Monde beschriebenen Kreises, d. h. durch die doppelte Entfernung des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde.

Nehmen wir nun, nach Picard's Messung, den Halbmesser der Erdbahn gleich 19615780 Fuß an, so ist, wie wir oben gesehen haben, der Bogen AM gleich 3134.6 Fuß, und da die Entfernung des Mondes von der Erde 60.16 Erdhalbmesser beträgt, so ist die gesuchte Linie BM, um welche der Mond in einer Secunde zur Erde fällt, gleich dem Quadrate von 3134.6, dividirt durch das Product von 60.16 in 39231560, das heißt, gleich 0.00416 Fuß, also bis auf eine hier ganz unmerkliche Differenz genau so groß, als wir so eben aus der Voraussetzung gefunden haben, daß die Kraft der Erde sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhalte, und daß diese Kraft, welche die Körper auf der Oberfläche der Erde fallen macht, dieselbe ist, welche auch den Mond um sich bewegt.

Diese Uebereinstimmung ist also der schönste Beweis für die Richtigkeit der Voraussetzung, welche auf diese Weise durch eine unmittelbare Beobachtung der Natur, durch die Bestimmung der Größe der Erde, und der Umlaufszeit des Mondes, bestätiget war, und an deren Wahrheit man daher nicht weiter zweifeln konnte. Aber einmal dahin gekommen, war es nun leicht, durch Induction oder Analogie den gefundenen Satz auch auf die übrigen Körper des Himmels auszudehnen und anzunehmen, daß auch die Planeten in ihren Bewegungen um die Sonne durch eine ähnliche, dieser Sonne inwohnende Kraft, die sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, bewegt werden, wie der Mond durch eine solche Kraft der Erde um sie geführt wird. In der That boten sich auch bald, wie wir weiter unten sehen werden, Beobachtungen in Menge dar, welche diese Erweiterung der durch den Mond gemachten Entdeckung auf die schönste und genügendste Weise bestätigten.

§. 34. (Newton's Fehler in der Berechnung dieser Kraft.) Wir haben in dem Vorhergehenden, um den Zusammenhang nicht zu stören, sogleich den nahe wahren Werth des Erdhalbmessers, wie er aus Picard's Messungen hervorgeht, angenommen, und so durch eine sehr einfache Rechnung die Bestätigung unserer früheren Vermuthung gefunden. Wir haben nämlich, um das Ganze noch einmal mit andern Worten darzustellen, gefunden: daß man auf zwei ganz verschiedenen Wegen immer denselben Werth für den Fall des Mondes gegen die Erde erhält, man mag ihn aus dem beobachteten Falle der Körper an der Oberfläche der Erde, oder aus der beobachteten Umlaufszeit des Mondes um die Erde ableiten, und eben diese Uebereinstimmung der beiden durch so verschiedene Mittel erhaltenen Resultate verbürgt uns die Richtigkeit der Annahme, auf welche diese Rechnung gegründet ist.

Allein Newton hatte größere Schwierigkeiten, sich von der Wahrheit seiner Voraussetzung zu überzeugen. Man sieht aus allem Vorhergehenden, daß die Rechnungen, welche geführt werden mußten, um die Richtigkeit der ihnen zu Grunde gelegten Hypothesen zu bestätigen, die genaue Kenntniß der Größe des Erdhalbmessers voraussetzten, und eben diese war es, die ihm fehlte. Er nahm, wie wir oben gesagt haben, den

Digitized by Google

Halbmesser der Erde gleich 17031230 Fuß, also viel zu klein an, daher er auch den Bogen AM (Fig. 87) gleich 2721.59, also ebenfalls zu klein gefunden hatte. Nach diesen Annahmen wird also der Fall des Mondes während einer Secunde gleich dem Quadrate von 2721.59, dividirt durch das Product von 60.16 in 34062460, das heißt, gleich 0.00361 Fuß seyn. Es sollte aber, wenn die Voraussetzung richtig ist, gleich 0.00414, also nahe ein Siebentheil größer seyn. Diese Differenz war aber zu beträchtlich, als daß sie zugelassen werden konnte.

Man sieht dieß in der That besser, wenn man aus dieser, von Newton gefundenen Größe von BM = 0.00361 wieder auf den Fall der Körper über der Oberfläche der Erde rückwärts schließt. Da nämlich die Entfernung des Mondes von der Erde 60.16 Halbmesser der Erde beträgt, so müßte, wenn Newton's Bestimmung der Größe BM auch nur beinahe richtig gewesen wäre, der Fall der Körper auf der Oberfläche der Erde während einer Secunde gleich dem Quadrate von 60.16 multiplicirt in diese Zahl 0.00361, das heißt, er müßte nahe gleich 13.065 Fuß seyn. Allein unseren Beobachtungen zu Folge beträgt dieser Fall 15 Fuß, und diese Bestimmung ist, wie Newton sehr wohl wußte, so genau, daß sie kaum ein Zehntheil eines Fußes, nicht aber beinahe volle zwei Fuß von der Wahrheit abweichen konnte.

§. 35. (Folgen, die er aus dieser Differenz ableitete.) Newton hätte vielleicht aus dieser Nichtübereinstimmung seiner Rechnung mit den Beobachtungen den Schluß ziehen können, daß irgend eines der seinen Rechnungen zu Grunde gelegten Elemente, der Halbmesser der Erde oder die Umlaufszeit oder die Entfernung des Mondes in Erdhalbmessern ausgedrückt, nicht ganz richtig seyn, und daher noch einer Verbesserung bedürfen könne. Allein unglücklicher Weise vertraute er diesen von Andern geborgten Resultaten zu sehr und setzte dafür das Mißtrauen, welches sie verdient hätten, bloß auf seine Schlüsse oder vielmehr auf die Hypothese, die er seinen Schlüssen zu Grunde legte, und von der er sich, wie er nun einzusehen glaubte, zu viel versprochen hatte. Es ist also wohl ganz unrichtig, sagte er zu sich selbst, was ich anfangs für so wohl begründet hielt; es ist unrichtig, daß dieselbe Kraft, die den Stein zur Erde fallen macht, auch den Mond um sie bewegt, oder es ist doch, wenn es auch so wäre, unrichtig, daß diese Kraft sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhält. Dieß brachte ihn auf die Idee, daß bei diesen Erscheinungen der Natur wohl noch ganz andere Kräfte mit im Spiele seyn könnten, und er ließ sich sogar, wie er später seinen Freunden selbst gestand, zu der Meinung verleiten, daß die Wirbeltheorie seines Vorgängers Descartes, die er doch früher selbst als ganz unstatthaft verworfen hatte, und die so gar nichts an sich hatte, was einen Mann von seinem Geiste länger festhalten konnte, doch nicht so ganz verworfen werden sollte. Da aber diese wunderlichen Wirbel der Art waren, daß sie sich keiner eigentlichen Berechnung, die doch hier allein entscheiden konnte, unterwerfen ließen, so brach Newton alle weiteren Untersuchungen über diesen Gegenstand gänzlich ab und erklärte seine frühere Idee für einen von den vielen mißlungenen Versuchen, die das Forschen nach Wahrheit, auch bei Männern seiner Art, so oft zu hindern und aufzuhalten pflegen, so daß er diese seine Beschäftigung mit unnützen Spekulationen, denn als solche erschienen sie ihm, mehrere Jahre durch selbst vor seinen näheren Freunden verheimlichte.

§. 36. (Weitere Versuche Newton's, seine Absichten zu erreichen.) Wäre die Sache in diesem Zustande geblieben, so würde vielleicht bis heute noch unsere ganze Astronomie auf der Stufe, auf welche sie Kepler er-

Digitized by Google

hoben hatte, das heißt im Grunde doch nur auf der Stufe ihrer Kindheit stehen geblieben seyn.

In der That war wenig Hoffnung zu einer Verbesserung dieses Zustandes der Wissenschaft. Denn als Newton, am Ende der Krankheit, welche die Umgegenden Cambridge's verheerte, nach dieser Stadt zurückkehrte, überließ er sich ganz wieder seinen optischen Untersuchungen, die ihn schon früher zu so schönen Entdeckungen geführt hatten. Volle zwölf Jahre kam er nicht mehr auf jenen Gegenstand zurück, den er, wie es schien, für immer aufgegeben hatte. Im Jahre 1678 erhielt er von der Londoner Academie den Auftrag, seine Ansicht über ein Werk der physischen Astronomie mitzutheilen, das damals einiges Aufsehen gemacht hatte, und das jetzt ganz vergessen ist. Er kam diesem Wunsche in einem Briefe an Hooke, Secretär dieser Societät, nach, in welchem er auch gelegentlich von einer ihm erst kürzlich beigefallenen Idee sprach, die Rotation der Erde durch unmittelbare Beobachtungen zu beweisen. Zu diesem Zwecke schlug er das nun allgemein bekannte Experiment mit von hohen Thürmen fallenden Körpern vor (vergl. I. §. 20) und behauptete, daß diese Körper, wegen der Rotation der Erde, östlich von dem Thurme zu Boden fallen müssen, weil sie vor ihrem Falle die Geschwindigkeit der Spitze des Thurmes haben, die größer ist, als die des Fußpunktes desselben. Die Academie setzte einen großen Werth auf diesen Vorschlag und trug Hooke, der als ein genauer Beobachter bekannt war, die Ausführung desselben auf. Als dieser anfing, sich mit dem Gegenstande zu beschäftigen, bemerkte er, daß der Körper nicht bloß östlich, sondern auch, in der nördlichen Hemisphäre, etwas südlich von dem Fuße des Thurmes, zur Erde kommen müsse. In der That hat man auch in den späteren Zeiten durch genauere Rechnungen dieses Resultat vollkommen bestätiget gefunden. Das höchste Gebäude, welches bisher durch Menschenhände errichtet worden ist, die große Pyramide zu Cairo, von 450 Fuß Höhe, würde nach Laplace's und Gauß theoretischen Untersuchungen dieses Gegenstandes, die östliche Ausweichung der von ihrer Spitze fallenden Körper 12.36 Linien, und die südliche 0.002 Linien geben. Obschon die letzte so gering ist, daß sie durch Beobachtungen nicht mehr bestimmt werden kann, so ist sie demungeachtet nicht weniger, als jene, in der Theorie begründet, und Newton erkannte auch sofort die Richtigkeit der Bemerkung. In seiner Antwort an Hooke setzte er hinzu, daß er diese Sache seitdem noch näher untersucht und gefunden habe, daß der Weg des fallenden Körpers bei der rotirenden Erde eine Art von Spirale seyn müsse.

Allein auch diese Bemerkung wollte Hooke nicht gelten lassen. Er schrieb nämlich nach einiger Zeit an Newton zurück, daß nach seinen über diesen Gegenstand angestellten Untersuchungen die krumme Linie, in welcher der Körper bei einer rotirenden Erde fällt, eine Ellipse sey, wenn anders die Kraft der Erde sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhalte, und die Bewegung des Körpers im freien Raume vor sich gehe.

Man findet nicht, daß Newton auf diese zweite Verbesserung Hooke's geantwortet habe. Aber er erkannte ohne Zweifel die Richtigkeit derselben. Sie gab ihm sogar, wie er selbst in einem spätern Briefe an Halley, vom 27ten Julius 1686, gesteht, Veranlassung, der Sache weiter nachzuforschen, und dadurch ein sehr wichtiges Theorem zu entdecken, welches eigentlich nur eine Erweiterung des von Hooke gefundenen Satzes war. Er fand nämlich, daß, wenn ein durch eine Centralkraft getriebener Körper in einer Ellipse einhergeht, und wenn diese Kraft in einem

Digitized by Google

der Brennpunkte der Ellipse ihren Sitz hat, daß dann diese Kraft sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung des Körpers von diesem Brennpunkte verhält. Da nun schon lange vorher durch Kepler ausgemacht war, daß die Planeten Ellipsen beschreiben, in deren einem Brennpunkte die Sonne ruht, so war auch dadurch das Gesetz der Attraction der Sonne gefunden. Allein diese Entdeckung gehört einer späteren Epoche an, wenigstens machte sie Newton erst fünf Jahre nachher, im Jahre 1683, der königl. Academie in London, und erst 1687 öffentlich bekannt. Als er jenen Brief Hooke's erhielt, wagte er es noch nicht, diese vielleicht nur geahnte, aber nicht bewiesene Entdeckung, als das eigentliche Gesetz der Natur aufzustellen. Das Mißlingen seines ersten Versuchs, den er vor dreizehn Jahren angestellt hatte, um die Bewegung des Mondes mit jener der fallenden Körper in Uebereinstimmung zu bringen, machte ihn schüchtern und verbreitete Zweifel und Ungewißheit über alle seine Spekulationen dieser Art, so wie es ihn auch abhielt, die Resultate seiner bisherigen Untersuchungen bekannt zu machen, bevor er sie nicht von allen Seiten geprüft und die Wahrheit derselben durch Rechnung über allen Zweifel erhoben hatte. Diese vielleicht zu weit getriebene Vorsicht verwickelte ihn hier, so wie beinahe in allen seinen anderen großen Entdeckungen, in spätere und oft sehr unangenehme Streitigkeiten mit den Rivalen seines Ruhmes. Wenn aber auch diese vielleicht nur scheinbare Aengstlichkeit aus der Individualität des seltenen Mannes hervorging, so kann sie doch zugleich als ein Beweis der höheren Kraft und der tieferen Erkenntniß desselben angesehen werden, die selbst da noch Mängel und Hindernisse erblickt, wo der gewöhnliche gute, aber leichte Kopf nichts mehr sieht und kühn den Sprung wagt, der ihn zum Ziele führen soll. Wenn er aber auch die Richtigkeit dieses Satzes schon früher eingesehen haben sollte, so wußte er doch gewiß damals noch nicht auch den umgekehrten Satz zu beweisen, daß nämlich, wenn die Kraft der Sonne sich wie verkehrt das Quadrat der Geschwindigkeit verhält, dann auch die Bahnen der Planeten Ellipsen oder überhaupt krumme Linien der zweiten Ordnung (I. Kap. 9.) seyn müssen. Zu jenen gehörte nur Differentialrechnung, zu diesen aber war der Integralcalcul nothwendig, der damals noch kaum geboren war. Diesem gemäß blieb es also noch immer zweifelhaft, ob nicht auch andere der Sonne inwohnende Kräfte ebenfalls solche elliptische Bahnen erzeugen können, wie denn dieß auch in der That der Fall ist, da z. B., wenn die Kraft der Sonne sich wie die Entfernung selbst verhält, also mit ihr im gleichen Verhältnisse zu- und abnimmt, diese Bahnen ebenfalls Ellipsen sind, nur mit dem Unterschiede, daß dann die Sonne nicht in einem der Brennpunkte, sondern in dem gemeinschaftlichen Mittelpunkte dieser Ellipsen ihren Sitz hat. Endlich, wenn man auch zugeben wollte, daß die Sache auf theoretischem Wege richtig und vollständig erwiesen sey, so handelt es sich hier nicht sowohl um ein wissenschaftliches Theorem, um einen Satz der Schule, sondern um eine, und zwar um eine sehr große und weit verbreitete, Erscheinung der Natur. Diese letzte aber wird nicht durch Spekulationen, sondern durch Beobachtungen befragt, und so sinnreich und kunstvoll auch unsere Erklärung ihrer Phänomene seyn mag, so ist doch der eigentliche Prüfstein der Wahrheit dieser Hypothesen immer nur die Uebereinstimmung derselben mit den Beobachtungen, und an diesem letzten und besten Beweise mußte es ihm so lange fehlen, als er jenen ersten Versuch mit dem Monde und dem fallenden Steine nicht zu den gelungenen zählen durfte.

§. 37. (Endliche Entdeckung seines Irrthums.) Er ließ also alle wei-

Digitized by Google

teren Untersuchungen dieses Gegenstandes zum zweiten Male fallen, da er sie nur als leere, von den Beobachtungen nicht unterstützte Spekulationen betrachtete, und er würde sie vielleicht nie mehr aufgenommen haben, wenn er nicht volle sechszehn Jahre nach jenem ersten Versuche durch einen bloßen Zufall wieder darauf zurückgeführt worden wäre.

Es war im Junius des Jahres 1682, als er in dem Hause der Academie zu London, unter den früher Angekommenen, auf die für diesen Tag angesagte Versammlung wartete. Man sprach hier unter Andern auch von einer neuen Gradmessung, die kurz zuvor ein gewisser, damals noch wenig bekannter Picard in Frankreich ausgeführt hätte, und eines der Mitglieder zeigte ein von ihm erhaltenes Schreiben vor, in welchem die Resultate dieser Vermessung enthalten waren. Newton nahm eine Abschrift dieser Zahlen und hörte dann den folgenden Vorträgen der Academie mit ungetheilter Aufmerksamkeit zu. Nach geendeter Sitzung wieder in seiner Wohnung angekommen, suchte er seine alten Rechnungen von dem Jahre 1666 hervor, um sie mit den Zahlen jenes Briefes zu vergleichen. Er bemerkte bald im Verfolge seiner Rechnungen, daß er sich der so lange gewünschten Erfüllung seines Wunsches nähere; mit jeder Zeile wurde es ihm gewisser, daß er an dem Vorabende einer großen Entdeckung stehe — aber jetzt wurde er auch von einem so heftigen Beben seiner Nerven ergriffen, daß er die angefangene Rechnung nicht vollenden konnte. In diesem Zustande vertraute er sich einem seiner hereintretenden Freunde, der den Griffel wieder aufnahm und die Rechnung zu Ende brachte.

Wir haben bereits oben gezeigt, wie Picard's Messungen in der That sehr gut mit Newton's Voraussetzung übereinstimmten, und wie eben dadurch der so lange gesuchte Beweis der Richtigkeit derselben endlich gefunden wurde. — Es möchte schwer seyn, den Eindruck zu schildern, den dieses Resultat auf einen solchen Geist hervorbringen mußte. Mit eins öffnete sich nun das ganze Weltall vor seinem Blicke: die Sonne mit ihren Planeten und Kometen, diese Planeten selbst mit ihren Satelliten, kurz das ganze, dem menschlichen Auge bisher verschleierte Sonnensystem stand nun in seiner innern, wundervollen Einrichtung, und in dem alle seine regulirenden Gesetze, klar und deutlich vor seinen Augen.

§. 38. (Nächste Folge dieser Entdeckung.) Nachdem sich nun Newton von der Wahrheit seiner ersten Ansicht überzeugt, nachdem er das große Gesetz der Natur, daß nämlich alle Körper sich wie verkehrt das Quadrat ihrer Entfernungen anziehen, gefunden, und durch die Erscheinungen der Natur selbst nachgewiesen hatte, ging er mit neuer Kraft an alle die früheren Versuche, die er über diesen wichtigen Gegenstand von Zeit zu Zeit angestellt hatte. Er suchte sie unter einander zu verbinden, und aus ihnen die Erklärungen aller übrigen Phänomene des Himmels abzuleiten. Er sah bald, daß sich aus der Anwendung des von ihm entdeckten Gesetzes nicht nur die elliptische Bewegung der Himmelskörper, sondern auch noch eine große Anzahl von andern Erscheinungen derselben, von welchen man bisher keinen Grund angeben konnte, würde ableiten lassen. Allein diese Ableitung, diese weitere Entwicklung jenes obersten Naturgesetzes erforderte einen noch viel höheren Aufwand von geistiger Kraft, als selbst jene Entdeckung, und sie ist es eigentlich, wodurch er seine wahre Größe beurkundet hat.

Vier Jahre beschäftigte er sich unablässig mit diesen wichtigen und schwierigen Entwicklungen, deren Resultate er endlich im Jahre 1686,

Digitized by Google

also erst zwanzig Jahre nach seiner ersten Idee, in seinem unsterblichen Werke: Principia philosophiae naturalis mathematica, bekannt machte.

§. 39. (Kurze Inhaltsanzeige der Prinzipien.) Dieses größte Werk von allen, die der menschliche Geist hervorgebracht hat, handelt zuerst von den krummen Linien, welche die Körper beschreiben, wenn sie von gegebenen Kräften getrieben werden. Unter diesen Problemen wird der Fall der Natur, wo die Centralkraft sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhält, mit der ihm gebührenden Umständlichkeit besonders betrachtet. Ferner wird gezeigt, daß bei diesem Naturgesetze die Anziehung der Kugeln auf äußere Punkte sich so verhalte, als wäre ihre anziehende Kraft, die doch jedem Elemente ihrer Masse zukommen muß, in dem Mittelpunkte dieser Kugeln vereiniget. Dadurch wird es erlaubt, die himmlischen Körper, so groß sie auch an sich seyn mögen, in der Rechnung nur als Punkte zu betrachten und sich daher die dabei vorkommenden, sonst unübersteiglichen Schwierigkeiten ungemein abzukürzen. Da jene anziehende Kraft nicht nur der Sonne, sondern überhaupt allen Körpern zukömmt, so werden nicht bloß die Planeten von der Sonne, sondern sie werden auch von einander selbst angezogen, und daher kommt es, daß die Ellipse, welche jeder Planet, wenn er allein da wäre, um die Sonne beschreiben würde, durch die Attraction der anderen Planeten oft sehr merklich gestört, und in eine andere sehr verwickelte krumme Linie verwandelt wird. Glücklicher Weise sind diese Planeten alle so klein gegen die Sonne, und überdieß durch so große Zwischenräume von einander getrennt, daß diese Störungen nur gering sind, und daß man sich ohne merklichen Fehler erlauben kann, die Störungen jedes Planeten durch jeden andern, einzeln betrachtet, zu untersuchen. Wäre dieß nicht der Fall, so würde man alle Störungen, welche jeder Planet von allen andern zugleich erleidet, berechnen müssen, und dann würden die Schwierigkeiten so groß seyn, daß sie die Kräfte unserer gegenwärtigen, und wahrscheinlich auch die aller künftigen Analyse, weit übersteigen würde. Bei dieser Einrichtung unseres Sonnensystems aber reicht vollkommen zur Theorie der Bewegung eines Planeten hin, wenn man zuerst die reinen elliptischen Elemente (I. Kap. 10.) desselben sucht, und dann die Störungen auffindet, welche derselbe durch jeden andern Planeten, einzeln betrachtet, erleidet. Auf diese Weise ist die Untersuchung auf das sogenannte Problem der drei Körper zurückgebracht, d. h. auf die Bestimmung der Bewegung eines Planeten, der von der Sonne angezogen, und von einem anderen, gegen die Sonne viel schwächeren Planeten, in seiner Bewegung etwas gestört wird. Auch in dieser Beschränkung bleibt diese Aufgabe noch immer eine der schwierigsten der ganzen Astronomie. Newton hat sie nicht erschöpft, wie sie denn auch in unsern Tagen noch immer nicht als vollendet betrachtet werden kann, so weit man auch in derselben bereits vorgerückt ist. Aber er hat, wie beinahe in allen großen Fragen dieser Wissenschaft, die seit ihm die ersten Geometer beschäftigte, er hat die Grundzüge, die ersten und schwersten Schritte zur Auflösung derselben angegeben.

Die weitere Entwicklung desselben Naturgesetzes gab ihm auch Mittel an die Hand, die Massen der Sonne und der Planeten, die Dichtigkeiten derselben und die Größen zu bestimmen, durch welche auf der Oberfläche derselben die Körper in der ersten Secunde fallen, und so Fragen zu beantworten, welche die Alten sich, vernünftiger Weise, nicht einmal aufgeben konnten. So fand er z. B., daß die Masse der Sonne 355000mal größer, als die der Erde ist; daß die Dichte der Sonne nur der vierte Theil der Dichte der Erdmasse ist; daß die Körper auf der

Digitized by Google

Oberfläche der Sonne in einer Secunde durch 430, auf der Oberfläche Jupiters aber durch 39 Fuß fallen u. s. w.

Die große Abplattung Jupiters, die kurz zuvor Cassini entdeckt hatte, brachte Newton auf die Untersuchung der Ursache derselben, und dadurch auf die Bestimmung der wahren Gestalt der Erde, die auch, wenn gleich viel weniger als jener Planet, an ihren Polen abgeplattet ist. Er fand, daß die aus der Rotation der Erde entstehende Centrifugalkraft an dem Aequator den 289sten Theil der Schwere beträgt, daß der Halbmesser des Aequators sich zu der halben Rotationsaxe der Erde wie 230 zu 229 verhält, und daß die Gestalt der Erde die eines Körpers ist, der durch die Rotation einer Ellipse um seine kleine Axe entsteht.

Newton zeigte ferner, daß die wunderbaren Erscheinungen der Ebbe und Fluth des Meeres eine bloße Wirkung der Attraction des Mondes, verbunden mit jener der Sonne sind, und lehrte die Größe und Zeit derselben bestimmen. Er erklärte die größeren Ungleichheiten der Mondbewegungen, vorzüglich die Evection, Variation und die jährliche Gleichung (I. §. 173) aus dem von ihm entdeckten Naturgesetze, und zeigte, daß sie eben so eine bloße Folge dieses Gesetzes sind, wie die schnelle Bewegung der Knoten und der Apsiden (I. §. 170) dieses Satelliten. Selbst die Präcession der Nachtgleichen (I. §. 190) stellt er, den Beobachtungen gemäß, aus diesem Gesetze, d. h. aus der Anziehung der Sonne und des Mondes auf die an ihren Polen abgeplattete Erde dar. Die Kometen betrachtete er als Himmelskörper, die in eben so regelmäßigen Bahnen, wie die Planeten, um die Sonne gehen, und er lehrte uns, die Elemente dieser Bahnen aus den Beobachtungen zu berechnen, wovon er selbst ein Beispiel für den merkwürdigen Kometen d. J. 1680 gegeben hatte. Ueberdieß findet man noch in demselben Werke zum ersten Male die vorzüglichsten Lehren unserer Hydrostatik und Hydrodynamik oder die Theorie des Gleichgewichts und der Bewegung der Flüssigkeiten; tiefe und schwierige Untersuchungen über die Bewegungen fester Körper in flüssigen und luftförmigen Mitteln, über den Widerstand, welchen sie von diesen Mitteln erleiden, über die Gestalt der Körper, bei welchen dieser Widerstand am kleinsten ist, über die Bewegung der Pendeln und der geworfenen Körper in widerstehenden Mitteln, über die Fortpflanzung des Schalls in der Luft, über die Bewegung des Wassers in Röhren und Kanälen, über die Wirkungen des Lichts auf die Elemente der Körper u. s. w.

Dieß ist eine kurze Uebersicht des Inhalts jenes unsterblichen Werkes. Die Größe des Gegenstandes, den er behandelt, die edle Einfachheit des darin aufgestellten Systems, der Scharfsinn, mit welchem diese schweren Untersuchungen durchgeführt werden, und die Sicherheit, auf Rechnung gegründete Sicherheit der darin aufgestellten Resultate verleihen den Principien einen für alle kommende Jahrhunderte dauernden Namen.

§. 40. (Erste Aufnahme dieses Werkes.) Dieser großen Vorzüge ungeachtet, fanden die Principien durch mehr als fünfzig Jahre nicht die allgemeine, günstige Aufnahme, die sie in so hohem Grade verdienten; sie mußten vielmehr lange mit allen den Schwierigkeiten kämpfen, die sich der Einführung jeder neuen Wahrheit entgegen zu setzen pflegen. Die Irrthümer und Vorurtheile vergangener Jahrhunderte hatten sich selbst der bessern Köpfe bemächtigt, und diese waren es vorzüglich, denn die andern verstanden es nicht, welche sich der Aufnahme desselben entgegen setzten. Die sonderbare, von Descartes aufgestellte Philosophie, die alle Erscheinungen der Natur durch Wirbel erklären wollte, hatte

Digitized by Google

ihren Scepter über ganz Europa verbreitet, und Alle eilten, sich für ein System zu erklären, das mehr für die Imagination, als für den Verstand gemacht war, und das die Meisten desto leichter zu verstehen glaubten, je weniger sie es in der That verstanden, oder je weniger sie sich von dem Grunde dieses Glaubens eine genügende Rechenschaft geben konnten. Newton's Theorie im Gegentheile war ganz und allein für den Verstand berechnet, und der Vortrag desselben war so kurz und dunkel und erforderte von dem Leser so viele Vorkenntnisse und Fassungskraft, daß von allen seinen Zeitgenossen kaum zwei oder drei gefunden werden konnten, von denen man sagen durfte, sie seyen im Stande gewesen, das Werk vollkommen zu verstehen. Er wählte in diesem Buche den synthetischen Vortrag der alten griechischen Geometer, für welchen er sein ganzes Leben durch eine besondere Achtung gehegt hatte. Allein es scheint, daß er die von ihm gemachten Entdeckungen nicht auf diesem, an sich sehr schwierigen, sondern daß er sie auf dem viel leichteren Wege der mathematischen Analyse gemacht, und dann nur wieder in die Sprache jener Synthese übertragen habe. Man muß es bedauern, daß er für seine Mittheilung diesen Weg gewählt, daß er bei Auseinandersetzung seiner Entdeckungen nicht die Mittel angegeben hat, welche ihn dazu führten, und daß er die Beweise mehrerer seiner Theoreme gänzlich unterdrückte, weil er, wie es scheint, das Vergnügen, sich mühsam errathen zu lassen, dem Zwecke, seine Leser aufzuklären, vorgezogen hat. Die Kenntniß der Methode, die das Talent zu seinen Entdeckungen führt, ist oft nicht weniger interessant und lehrreich zugleich, als diese Entdeckungen selbst *).

§. 41. (Einfachere Ableitung dieses allgemeinen Gesetzes.) Da dieses Gesetz die Grundlage der ganzen neueren Astronomie, und sonach von der größten Wichtigkeit ist, so wird es nicht unangemessen scheinen, die Wahrheit desselben noch auf einem anderen Wege zu zeigen.

Newton wollte seine Idee von diesem Gesetze, oder vielmehr er wollte die Richtigkeit dieser Idee durch irgend eine allgemeine Erscheinung in der Natur, durch eine eigentliche Beobachtung nachweisen, und er wählte dazu die Bewegung des Mondes, indem er durch Rechnung zeigte, daß dieser Himmelskörper, wenn er bis zur Oberfläche unserer Erde gebracht

*) So viel man auch von der Concinnität gesprochen hat, mit welcher dieses unsterbliche Werk verfaßt seyn soll, so scheint es für den aufmerksamen Leser doch mehrere Spuren einer den Gegenstand nicht immer vollendenden Eile zu tragen, wenigstens in Beziehung auf den äußeren Vortrag der darin aufgestellten Sätze. Oft würden nur einige Worte noch hingereicht haben, das fehlende Licht über den Gegenstand zu verbreiten, und die oft so nothwendigen Rücksichten auf Ordnung, Vollständigkeit und Klarheit des Vortrags scheinen zuweilen ganz hintangesetzt worden zu seyn. Wenn der Verf. bei einer seiner schwierigsten Untersuchungen (Buch III. Prop. 23) sich die Mühe nicht nehmen will, alle seine Ideen auseinander zu setzen, so hilft er sich mit der Redensart: ob causam, quam hic exponere non vacat, oder uti rationem ineunti facile patebit. Die Resultate seiner Untersuchung über die jährliche Gleichung des Mondes gibt er bloß mit den einleitenden Worten: per eandem theoriam inveni praeterea; eine andere Störungsgleichung des Mondes wird bloß mit der Bemerkung aufgeführt: uti ex theoria gravitatis colligo u. s. w.

Digitized by Google

werden könnte, in der ersten Secunde eben so tief fallen würde, als hier, den Beobachtungen gemäß; jeder Stein während derselben Zeit fällt, und daß daher die Kraft, welche den Stein fallen macht, dieselbe seyn muß, welche den Mond in seiner Bahn um die Erde bewegt. Zu diesem Zwecke mußte er nicht nur die Bewegung des Mondes, sondern auch die Größe der Erde genau kennen, und da ihm die letzte Kenntniß fehlte, so wurde er, wie man gesehen hat, so lange in der Erfüllung seiner Wünsche aufgehalten. Auch blieb, selbst nachdem er endlich diese Entdeckung gemacht hatte, immer noch die Frage übrig, ob dasselbe, was er so eben für die Erde und den Mond gefunden hatte, auch für die Sonne, für die Planeten und überhaupt für alle Körper unseres Sonnensystems gelten könne, und diese letzte Frage war es auch eigentlich, die, als die bei weitem allgemeinere und wichtigere, hier vorzüglich beantwortet werden sollte. Newton schloß sie aus Induction, indem er das, was er für die Erde in Beziehung auf den Mond gefunden hatte, auch sofort, der Analogie gemäß, auf die Sonne in Beziehung auf die Planeten übertrug. Zwar ließ es der große Mann später nicht an Beweisen fehlen, daß seine Induction richtig ist, und eigentlich kann jedes Blatt seiner Principien als ein solcher Beweis dienen, so daß in dieser Rücksicht allerdings nichts mehr zu wünschen übrig ist.

Indeß darf man doch gestehen, daß er schneller zu seinem Ziele, zur gewünschten Ueberzeugung gekommen, und daß er in seiner Entdeckung nicht so lange aufgehalten worden wäre, wenn er, um die Wahrheit seiner Schlüsse in der Natur selbst nachzuweisen, nicht den Mond, sondern die Planeten selbst zum Gegenstande seiner Prüfung gewählt hätte. Dadurch würde er zugleich die Auflösung jenes allgemeinen Problems, das er eigentlich suchte, gefunden haben, von welchem das vorhergehende mit dem Monde, nur als ein Beispiel, als ein bloßer besonderer Fall erscheint.

In der That war die Bewegung der Planeten um die Sonne zu Newton's Zeiten nicht nur schon sehr genau bekannt, sondern Kepler hatte bereits ein Jahrhundert vorher das Gesetz angegeben, nach welchem diese Bewegungen vor sich gehen. Er hatte nämlich (vergl. I. §. 146) gefunden, daß die Quadrate der Umlaufszeiten dieser Himmelskörper sich wie die Würfel der Halbmesser ihrer Bahnen verhalten. Schon Kepler hatte gezeigt, daß dieses, nach ihm benannte Gesetz, besonders bei den vier Jupitersatelliten, sehr gut mit den Beobachtungen übereinstimme, und daß man daher an der Wahrheit desselben nicht weiter zweifeln kann.

Diesem gemäß hätte Newton, um die Richtigkeit seiner Schlüsse oder seiner Entdeckungen darzuthun, nur zeigen dürfen, daß die letzte unmittelbar auf das von Kepler entdeckte Gesetz führe, so daß jedes dieser beiden Gesetze nur gleichsam als ein anderer Ausdruck desselben Satzes betrachtet werden könne.

In der That, Newton nahm an, daß die Kraft jedes Centralkörpers auf die sich um ihn bewegenden Körper, daß also z. B. die Kraft der Sonne, mit welcher sie die Planeten bewegt, sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung verhalte, oder mit andern Worten: daß diese Kraft der Sonne gleich sey der Einheit, dividirt durch den Halbmesser der kreisförmigen Planetenbahn. Seine geometrische Betrachtung dieses Gegenstandes zeigte ihm, daß diese Kraft sich wie die Linie $\frac{BM}{}$, d. h. wie dieser Halbmesser multiplicirt in das Quadrat des Bogens AM, verhalte, welchen der Planet während einer Secunde beschreibt. Wenn man aber diese beiden Ausdrücke der Attractionskraft der Sonne einan-

Digitized by Google

der gleich setzt, so findet man sofort, daß in unserem Sonnensysteme der Würfel des Halbmessers jeder Planetenbahn sich verkehrt wie das Quadrat dieses von dem Planeten beschriebenen Bogens verhält. Allein diese Bogen verhalten sich, bei verschiedenen Planeten, verkehrt wie die Umlaufszeiten derselben, also müssen sich auch die Würfel der Halbmesser dieser Bahnen, wie die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten verhalten, worin eben das dritte Kepler'sche Gesetz besteht, das daher nur als eine unmittelbare Folge des von Newton entdeckten Gesetzes zu betrachten ist. Durch diese einfache Reihe von Schlüssen war demnach die Wahrheit des Gesetzes der allgemeinen Schwere für alle Körper unseres Sonnensystems als erwiesen anzunehmen, da für sie das dritte Kepler'sche Gesetz bereits ein Jahrhundert früher bewiesen worden ist.

Ja selbst ohne die hier zu Hülfe gerufene geometrische Betrachtung läßt sich das Gesetz der allgemeinen Schwere auf eine sehr einfache Weise aus der Theorie der kreisförmig bewegten Körper nachweisen. Schon Huygens hatte in den oben erwähnten Propositionen gezeigt, daß bei jedem in der Peripherie eines Kreises einhergehenden Körper die Centrifugalkraft wie der Halbmesser des Kreises, und verkehrt wie das Quadrat der Umlaufszeit des Körpers sich verhalte. Diese Centrifugalkraft ist senkrecht auf die Peripherie des Kreises, liegt daher in dem Halbmesser der Bahn und ist zum Mittelpunkte dieser Bahn, ist zur Sonne gerichtet, und kann daher bei den Planeten für diese Kraft der Sonne selbst angesehen werden. Allein nach dem erwähnten Gesetze Kepler's verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Würfel der Halbmesser ihrer Bahnen. Verbindet man daher beide Sätze mit einander, so folgt sofort, daß sich bei den in Kreisen bewegten Planeten die Centrifugalkraft, d. h. die Attractionskraft der Sonne, wie verkehrt das Quadrat der Halbmesser ihrer Bahnen verhalte, worin eben das von Newton entdeckte Gesetz besteht.

Kapitel III.

Massen und Dichtigkeiten der Himmelskörper.

§. 42. (Abwägung der Weltkörper.) Wir haben in dem vorhergehenden Kapitel das Gesetz der allgemeinen Schwere in seinem einfachsten Ausdrucke betrachtet und bereits dort die Bemerkung aufgestellt, daß beinahe unsere ganze neuere Astronomie nur eine weitere Entwicklung dieses Gesetzes ist. In der That, wie jede neue, selbst scheinbar die geringfügigste Wahrheit nur selten allein steht, sondern immer eine Reihe von andern oft viel wichtigeren Wahrheiten in ihrem Gefolge nach sich zieht, so mußte dasselbe in einem noch viel höheren Grade von dieser

Digitized by Google

Entdeckung erwartet werden, die ihrer Natur nach sich über das ganze Sonnensystem, über den ganzen uns bekannten Theil des Himmels verbreitet. Nachdem dieses große Gesetz einmal bekannt geworden war, sah man aus ihm, wie aus einer reichen Quelle, eine große Menge anderer Entdeckungen entspringen, wichtiger und wunderbarer Entdeckungen, deren Daseyn die Alten nicht einmal ahnden konnten, da ihnen alle Wege, die zu denselben führten, fest verschlossen bleiben mußten, so lange ihnen jenes Gesetz selbst, dessen unmittelbare Folge sie sind, unbekannt war.

Wenn die mit der Astronomie Unbekannten hören, daß man in dieser Wissenschaft die Größe und Entfernung der Sonne und des Monds, zu denen doch Niemand von uns gelangen kann, mit einer Genauigkeit *) anzugeben vermag, wie sie dieß von der Größe ihrer Berge, und von den Entfernungen ihrer Städte auf der Erde nicht im Stande sind, so bemächtiget sich ihrer eine Art von Ungläubigkeit, die nur durch Thatsachen von ihrem Ausbruche zurückgehalten werden kann. So würden gewiß die meisten auch unsere Voraussage der künftigen Finsternisse des Mondes und der Sonne eben so vornehm-ungläubig belächeln, wenn sie nicht bereits selbst so oft schon mit ihren eigenen Augen die Wahrheit dieser Prophezeihungen, wie sie dieselben in ihren Kalendern lesen, bestätiget gefunden hätten.

Aber welche ganz andere Gefühle werden sich in diesen heimlichen Gegnern der Wissenschaft regen, wenn sie nun hören, daß die Astronomen sich sogar unterfangen haben, den Mond und die Sonne und alle Planeten auf einer Wage abzuwägen, und nicht nur die Gewichte derselben, sondern auch die größere oder kleinere Dichtigkeit des Stoffes zu bestimmen, aus dem jeder dieser Himmelskörper gewebt ist. Wenn sie hören, daß man, wenn die Sonne in einer Schaale dieser Wage liegt, in der anderen aber 350000 solcher Kugeln, wie unsere Erde ist, legen müsse, um die Wage im Gleichgewichte zu erhalten; daß diese Sonne groß genug ist, um aus ihr eine und eine halbe Million solcher Kugeln, wie unsere Erde ist, formen zu können; daß der ganze Sonnenkörper nur die Dichtigkeit unseres Bernsteins, Venus die des Glases, Saturn die des Cedernholzes habe; daß die Steine, die auf der Oberfläche unserer Erde in der ersten Secunde durch 15 Fuß fallen, auf dem Mars nur durch 6 Fuß, auf der Sonne aber durch 430 Fuß fallen u. s. w., wenn sie so ungewöhnliche und für sie wenigstens so ganz unglaubliche Behauptungen hören, wer mag es ihnen verargen, daß sie die vermeinten Großsprecher entweder gar nicht, oder doch nur in der Absicht anhören, zu erfahren, wie geschickt sich der Sophist aus der sich selbst gelegten Schlinge ziehen und wie fein er es anfangen werde, seinen gläubigen Zuhörern Staub in die Augen zu streuen, um sie am Ende seiner Produktion, von einem Gallimathias hochtrabender und nichtssagender Worte betäubt, unverrichteter Dinge wieder nach Hause geben zu lassen.

Und doch sind eben diese Fragen, deren Beantwortung auf den ersten Blick so schwer, ja ganz unmöglich erscheint, die leichtesten der ganzen Astronomie und der Art, daß jeder Anfänger in der Kunst nicht nur ihre Beantwortung, wenn sie ihm gegeben wird, verstehen, sondern

*) Verhältnißmäßig wenigstens. So kennen wir die Entfernung des Mondes und der meisten Planeten von der Erde bis auf den hundertsten Theil ihrer Größe genau. Von wie vielen Hauptstädten unserer Erde, besonders der außereuropäischen, kann man dasselbe sagen?

Digitized by Google

mit einigem Nachdenken auch wohl diese Antwort ohne Mühe selbst finden kann. Die Leser werden sich davon sogleich, wenn ich es anders nicht gar zu sehr an mir selbst fehlen lasse, durch eigene Erfahrung überzeugen.

§. 43. (Nähere Bestimmung des Gesetzes der allgemeinen Schwere.) Wir haben oben (Kap. II.) dies Gesetz der allgemeinen Schwere, der bessern Verständlichkeit wegen, in seiner einfachsten Gestalt gegeben. Wir wollen daher hier, ehe wir an die Beantwortung jener Fragen gehen, eine kleine, aber wichtige Berichtigung, die wir früher übergehen konnten, nachtragen.

Nach jenem Gesetze ziehen sich alle Körper gegenseitig im verkehrten Quadrate ihrer Entfernungen an. Wenn also z. B. ein Satellit Jupiters oder Saturns einen Stein in der Entfernung von 100 Meilen in der ersten Secunde um einen Fuß gegen sich anzieht, so wird er diesen Stein in der doppelten Entfernung, von 200 Meilen, nur mehr um $^1/_4$, in der Entfernung von 300, 400, 500 Meilen, nur um $^1/_9$, $^1/_{16}$, $^1/_{25}$ Fuß in der ersten Secunde anziehen, und so fort für jeden andern Körper, nur mit dem Unterschiede, daß z. B. ein zweiter Satellit jenen Stein in der Entfernung von 100 Meilen nicht mehr um einen ganzen, sondern vielleicht nur mehr um einen halben Fuß in der Secunde anziehen wird. Bei beiden wird sich also, jenem allgemeinen Gesetze gemäß, die Anziehung des Steines wie verkehrt das Quadrat seiner Entfernung verhalten, aber diese Anziehung selbst wird bei dem zweiten Satelliten nur die Hälfte des ersten seyn, oder sie wird für 100 Meilen $^1/_2$ Fuß, für 200 Meilen $^1/_8$, für 300 Meilen $^1/_{18}$, für 400 Meilen $^1/_{32}$ Fuß u. s. betragen.

Man sieht daraus, daß die Art, nach welcher die Anziehung der Körper wirkt, bei allen dieselbe, daß aber die Größe dieser Anziehung bei verschiedenen Körpern auch sehr verschieden seyn kann, etwa so, wie z. B. alle Pferde den Wagen, vor den sie gespannt werden, auf dieselbe Weise ziehen, während doch das eine derselben ihn viel stärker oder schwächer ziehen kann, als das andere, je nachdem es mit einer größern oder geringern Muskelkraft begabt ist. Was ist es nun, das diese Stelle der Muskelkraft bei den Körpern des Himmels vertritt?

Wir werden uns nicht bei der Untersuchung aufhalten, was diese Kraft der Himmelskörper, mit welcher sie alle anderen Körper anziehen, eigentlich sey oder woher sie komme. Die Metaphysiker, die sich so gern mit Fragen dieser Art beschäftigen, mögen sie beantworten, wenn sie können. Uns genügt es, das Daseyn einer solchen Kraft aus ihren unbestreitbaren Wirkungen zu erkennen. Diese sehen wir täglich und immerwährend in unendlichen Abwechslungen sowohl um uns, als auch selbst in uns. Ueberall in der Natur bemerken wir diesen Hang der Körper, sich anzuziehen, sich zu vereinigen, sich zur Kugelgestalt abzurunden. Der Thautropfen auf dem Kohlblatte, und die Gestirne des Himmels sind gleich gute Beispiele für den Beweis dieses Satzes. Aber die Ursache dieser Erscheinung? —

Wir empfinden den Duft, den die Blume aushaucht; wir ergötzen unser Auge an dem Lichte und an den Farben der Körper; wir erfreuen unser Ohr mit den harmonischen Tönen der Musik; wir sehen die ganze Erde mit allen ihren Reizen unter, und den endlosen Himmel mit allen seinen Wundern über uns — aber was wissen wir davon? Daß sie da sind, und nichts weiter. Woher sie kommen, und wohin sie gehen, ist uns unbekannt. Wir können eben so wenig den Hauch der Blumen, als die Feinheit des Lichtes berechnen, und der innere Zusammenhang der Dinge auf der Erde ist uns eben so ein Räthsel, als jene Zauber-

Digitized by Google

kraft, die den Himmel zusammenhält oder als jenes magische Band, das unsere Erde an die Sonne, und uns selbst an diese Erde fesselt. Wir wissen nur, oder glauben doch zu wissen, was von der Außenwelt durch jene fünf Kanäle, die wir unsere Sinne nennen, unserem Innern zugeführt wird. Für alle andere Dinge aber fehlt uns das Mittel, sie aufzufassen, daher wir auch nicht weiter nach ihnen fragen sollten, weil eine Antwort auf solche Fragen doch unmöglich ist, und wenn sie möglich wäre, uns unverständlich bleiben muß. Wie viel mag uns noch, selbst in unserer Nähe entgehen, das wir nicht einmal zu vermissen im Stande sind, von dem uns unsere feinsten Fibern keine Vorstellung mehr geben. Ja es ist sogar sehr möglich, daß wir selbst von dem, was wir noch für das Begreiflichste halten, so viel als gar nichts wissen. Wie ganz anders würde uns wohl die Welt vorkommen, wenn wir ohne Augen geboren würden, oder auch, wenn es der Natur gefallen hätte, noch ein Paar solcher Klappen mehr in uns aufzuschließen, um uns dadurch mit der Außenwelt in einen neuen Rapport zu setzen.

Wie es also auch mit dieser Attractionskraft der Körper, deren Wirkung wir sehen, ohne die Ursache erforschen zu können, beschaffen seyn mag, so können wir doch nicht gut anders, als diese Kraft einem jeden einzelnen Theile, einem jeden Elemente dieser Körper zuzuschreiben, aus welchen sie, als aus den kleinsten Körpern ihrer Art, zusammengesetzt seyn müssen. Dieser nothwendigen Voraussetzung gemäß wird also die ganze Kraft, mit welcher ein Körper den andern anzieht, nichts anders, als die Summe aller jener Kräfte seyn, die den einzelnen Elementen, aus welchen der Körper besteht, zukommen, und diese Totalkraft des Körpers wird offenbar desto größer seyn müssen, je größer die Anzahl dieser Elemente, d. h. mit andern Worten, je größer die Masse des ganzen anziehenden Körpers ist, indem wir unter diesem Worte nur eben die Summe aller den Körper constituirenden Atome zu verstehen pflegen.

So fallen, um dieß auf unsere Erde anzuwenden, die Körper auf der Oberfläche derselben in der ersten Secunde durch 15 Fuß, und diese Erscheinung kann als die Wirkung der Attractionskraft, als das eigentliche Maß der Kraft der Erde, so wie diese jetzt ist, angesehen werden. Wenn aber diese Erde, welche bekanntlich im Mittel die Dichtigkeit des Flußspaths oder des sogenannten Spießglases hat, wenn sie, ohne ihren Umfang zu ändern, fünfmal mehr Masse in sich enthielte, oder die Dichtigkeit unseres Goldes hätte, so würde auch die Kraft ihrer Attraction für dieselbe Entfernung, fünfmal größer werden, oder die Körper würden dann, an ihrer Oberfläche, nicht mehr 15, sondern fünfmal so viel, also 75 Fuß in der ersten Secunde fallen.

Dasselbe würde von zwei andern Kugeln gelten, deren Massen unter sich verschieden sind. Unser Mond z. B. hat nur den 70sten Theil der Masse der Erde. Er wird also auch einen Körper 70mal schwächer anziehen, als die Erde, vorausgesetzt, daß derselbe in beiden Fällen gleich weit von dem Mittelpunkte der Erde oder des Mondes entfernt ist.

So lange man daher nur von einem einzigen Körper spricht, wird man noch immer, wie zuvor, sagen können, daß sich seine Anziehung wie verkehrt das Quadrat seiner Entfernung verhält. Aber wenn man die Anziehung von zwei oder mehreren Körpern unter einander vergleichen, oder wenn man allgemein sprechen will, so wird man sagen müssen: „Die Anziehung jedes Körpers verhält sich direct wie seine Masse, und indirect wie das Quadrat seiner Entfernung, oder mit andern Worten,

Digitized by Google

die Anziehung eines jeden Körpers ist gleich seiner Masse, dividirt durch das Quadrat seiner Entfernung.„

Nimmt man diese Entfernung der angezogenen Körper, wie es unter den Astronomen gewöhnlich ist, in Halbmessern der Erde, so hat man für die Anziehung der Erde, d. h. für den Fall der um a Erdhalbmesser von ihrem Mittelpunkte entfernten Körper, während der ersten Secunde, den Ausdruck 15 dividirt durch das Quadrat von a. So erhält man also für die Anziehung der Erde in der Entfernung von 1, 2, 3 . . Erdhalbmessern die Größen 15, $3^{3}/_{4}$, $1^{6}/_{9}$ . . Fuß, und für die Entfernung von 10, 20, 30 . . Erdhalbmessern 0.15, 0.04, 0.02 . . Fuß u. s. w. Für Saturn aber, dessen Masse nahe 100mal größer ist, als die der Erde, wird man die Anziehung desselben auf alle Körper außer ihm erhalten, wenn man seine Masse, d. h. wenn man die Zahl 1500 durch das Quadrat von a dividirt, wo wieder a die Entfernung dieser Körper von dem Mittelpunkte Saturns, in Theilen des Erdhalbmessers ausgedrückt, bezeichnet. Demnach wird also die Anziehung Saturns auf einen Körper, der von seinem Mittelpunkte 10, 20, 30 . . Erdhalbmesser entfernt ist, gleich 16, $3^{7}/_{10}$, $1^{7}/_{10}$ . . Fuß betragen, und so fort für alle anderen Planeten, deren Masse man kennt.

§. 44. (Anwendung dieses Satzes auf den Fall der Körper im Monde.) Wir wollen von diesem einfachen Satze sogleich eine Anwendung geben, und die Frage zu beantworten suchen, wie tief die Körper in der ersten Secunde auf der Oberfläche des Mondes fallen mögen. — Auf den ersten Blick sollte man glauben, daß sich so etwas nicht ohne unmittelbare Experimente, auf dem Monde selbst angestellt, ausmachen ließe. Da nun, so viel wir wissen, noch Niemand von uns bis dahin gekommen ist, so müßte auch die Sache unausgemacht bleiben. — Aber wir werden sogleich sehen, daß dieß keineswegs der Fall ist, und daß man vielmehr, ohne die Erde auch nur einen Augenblick zu verlassen, jene Frage, und zwar ohne alle Mühe, beantworten kann.

Auf der Oberfläche der Erde fällt der Stein in der ersten Secunde durch 15 Fuß. Die Masse des Mondes aber beträgt, wie man aus der Theorie der Ebbe und Fluth des Meeres gefunden hat, nur den 70sten Theil der Erdmasse, oder die Masse des Mondes ist 0.2143, wenn die Masse der Erde für die Einheit angenommen wird. Der ebenfalls bekannte Halbmesser des Mondes aber beträgt 230 deutsche Meilen, während der der Erde 860 Meilen hat, so daß jener gleich 0.2674 ist, wenn der Halbmesser der Erde für die Einheit angenommen wird.

Die Kraft der Erde, oder der Fall der Körper in der Entfernung von a Erdhalbmessern von dem Mittelpunkte der Erde ist also, wie zuvor, gleich der Zahl 15, dividirt durch das Quadrat von a. Die Kraft des Mondes aber auf dieselben Körper in derselben Entfernung ist gleich dem 70sten Theil von 15, oder gleich der Zahl 0.2143 dividirt durch das Quadrat von a. Diese Kraft des Mondes ist also für Körper, die nur $^{1}/_{10}$ Erdhalbmesser von dem Mittelpunkte des Mondes entfernt sind, gleich 21.43 Fuß; für die Entfernung von $^{2}/_{10}$ Erdhalbmesser wird sie 5.36, für die Entfernung von $^{3}/_{10}$ Erdhalbmesser 2.39 Fuß, und also auch für die Entfernung von 0.2674 Erdhalbmesser, d. h. für die Körper auf der Oberfläche des Mondes gleich 3 Fuß seyn, oder mit andern Worten: „Auf der Oberfläche des Mondes fallen die Körper in der ersten Secunde durch 3 Fuß, also nur durch den fünften Theil des Weges, durch welchen sie auf der Oberfläche der Erde fallen.“

Ganz eben so leicht wird man nun auch den Fall der Körper auf der Oberfläche jedes andern Planeten unseres Sonnensystems finden,

Digitized by Google

enn man die Masse und den Halbmesser desselben gegen die Masse und n Halbmesser unserer Erde kennt. So haben wir bereits oben die Nasse Saturns nahe gleich 100mal größer als die der Erde gefunden. llein der Halbmesser dieses Planeten beträgt nahe 10 Halbmesser der rde. Die Anziehung dieses Planeten wird also gleich der Zahl 1500 widirt durch das Quadrat von a seyn, und wenn man a gleich 10 immt, so wird man, wie bereits oben gefunden wurde, für die Anzie ung Saturns in der Entfernung von 10 Erdhalbmessern, d. h. für die berfläche dieses Planeten selbst, 15 Fuß erhalten, d. h. auf der Ober äche Saturns fallen die Körper in der ersten Secunde durch 15 Fuß, lso nahe eben so tief, wie auf der Erde.

Eben so findet man, daß die Masse Jupiters 316, und die des Nars nur $^1/_{10}$ von jener der Erde beträgt, während der Halbmesser Ju iters 11, und der des Mars nur $^6/_{10}$ Erdhalbmesser hat, woraus folgt, aß die Körper auf der Oberfläche Jupiters in einer Secunde durch $8^1/_{10}$, und auf der Oberfläche des Mars nur durch $6^4/_{10}$ Fuß fallen. Die Masse der Sonne endlich ist 355000mal größer, als die der Erde, nd ihr Halbmesser beträgt 110 Erdhalbmesser, also fallen auch die Kör er auf der Oberfläche der Sonne in einer Secunde durch 430 Fuß.

Da aber dieser Fall der Körper oder, was dasselbe ist, da diese ttraction der Planeten eigentlich das, was wir das Gewicht dieser Kör er nennen, bestimmt, so wird auch aus dem Vorhergehenden unmittel ar folgen, daß ein Körper, der z. B. bei uns ein Pfund wiegt, auf er Oberfläche des Mondes viel leichter seyn, und nur mehr den fünften heil eines Pfundes oder nur $6^2/_5$ Loth wiegen wird, während er im Gegentheile auf der Sonne ~~428~~ Pfund wiegen muß. Es versteht sich ber wohl von selbst, daß sich diese Verschiedenheit in dem Gewichte der Körper nicht durch unsere Wagen nachweisen lassen wird, weil das eigent liche Gewicht, was wir in die andere Wagschaale zu legen pflegen, um adurch das Gewicht des Körpers zu finden, doch auch wieder ein Kör er ist, der auch, und zwar auf dieselbe Weise, von der Schwere seines Planeten afficirt wird, und daher z. B. auf dem Monde auch nur den fünften Theil seines irdischen Gewichtes haben kann. Statt dieses Wortes Gewicht werden wir daher, der bessern Verständlichkeit wegen, das Wort Druck gebrauchen und sagen, daß ein Körper, der auf der Erde mit der Kraft von einem Pfunde auf seine Unterlage drückt, auf dem Monde nur mit $^1/_5$ dieser Kraft, auf Jupiter mit $2^1/_5$, und auf der Sonne mit $28^7/_{10}$ Pfunden auf seine Unterlage drücken wird.

§. 45. (Anwendung des Vorhergehenden auf künstliche Monde.) Wir alle wissen, daß, wenn ein Stein aufwärts geworfen, oder eine Kugel schief gegen den Horizont abgeschossen wird, diese Kugel eine krumme Linie beschreibt, an deren Ende sie wieder zur Erde zurückfällt. Je größer die Kraft ist, mit welcher die Kugel aus der Mündung des Ge schützes getrieben wird, desto größer ist auch der Bogen, den sie über der Erde beschreibt, und es ist klar, daß diese Kraft, die Ladung der Kanone, endlich so groß werden könnte, daß die Kugel gar nicht mehr zur Erde zurückfallen, sondern daß sie eine krumme Linie um die ganze Erde herum beschreiben müßte. Dann würde sie aber dasselbe thun, was der Mond schon lange thut, und wir würden auch in der That auf diese Weise einen kleinen Mond mehr erhalten, so daß wir am Ende diese Monde in beliebiger Menge, etwa wie jetzt unsere Luftballone oder un sere Seifenblasen, steigen lassen könnten, wenn wir nur unsern Geschützen die dazu nöthige Kraft zu ertheilen wüßten. Und wie groß müßte diese

Digitized by Google

Kraft, wie groß müßte die anfängliche Geschwindigkeit seyn, um zu diesem Zwecke zu gelangen?

Die Antwort auf diese Frage ist für die, welche nur mit den ersten Elementen der Mechanik bekannt sind, sehr leicht. — Wenn man die Fallhöhe der Körper in der ersten Secunde mit dem Durchmesser des Planeten multiplicirt, und aus der so erhaltenen Zahl die Quadratwurzel nimmt, so hat man die gesuchte anfängliche Geschwindigkeit der in Frage stehenden Kugel.

Für die Erde z. B. ist jene Fallhöhe 15 Fuß. Der Halbmesser derselben aber ist 19642400 Fuß. Wird also die letzte Zahl zweimal genommen, und durch 15 multiplicirt, so erhält man 589272000, und von dieser Zahl ist die Quadratwurzel 24275.

Unsere Kanone müßte also eine Ladung erhalten, nach welcher die Kugel in der ersten Secunde ihres Laufes einen Weg von 24275 Par. Fuß zurücklegte. Davon sind aber unsere Kanonenkugeln, die höchstens 700 Fuß in der ersten Secunde zurücklegen, noch sehr weit entfernt.

Die Mondsbewohner aber, vorausgesetzt, daß sie mit bessern Geschützen versehen sind, könnten einen solchen Versuch, der für uns noch unmöglich ist, schon viel leichter ausführen; denn da bei ihnen die Schwere der Körper nur den fünften Theil unserer Schwere beträgt, so wird auch schon der fünfte Theil jener Ladung hinreichen, die Kugel zu einem Satelliten des Mondes, zu einem Monde des zweiten Ranges zu machen. Eine anfängliche Geschwindigkeit von 5000 Fuß würde diese Kugel bereits um den Mond herum treiben. Da aber auch diese Geschwindigkeit über siebenmale größer ist, als die von unsern Kanonen erzeugte, so werden auch sie noch einige Schwierigkeiten bei der Ausführung dieses Experiments zu überwinden haben, besonders wenn sie, wie man vermuthen darf, noch nicht so weit, wie wir, in der Ballistik vorgerückt seyn, oder wenn sie vielleicht am Ende noch ganz und gar keine Kanonen haben sollten.

§. 46. (Vortheile der Mondsbewohner.) Immer aber werden sich die Seleniten in allen den Fällen eines großen Vortheiles über uns zu erfreuen haben, wo es sich darum handelt, der Kraft der Schwere entgegen zu arbeiten. Wenn sie z. B. ihre Wagen, ihre Hebel, ihr Rad an der Welle u. dgl., durch elastische Federn, durch entwickelte Dämpfe, durch ihre eigene oder durch die Muskelkraft ihrer Thiere in Bewegung setzen wollen, so werden sie mit einem fünfmal geringeren Kraftaufwande schon ihr Ziel erreichen. So würden unsere Pferde auf dem Monde, unter übrigens gleichen Umständen, viel größere Lasten zu ziehen und ohne zu ermüden viel schneller laufen können, als auf der Erde, und die Grotesque-Tänzer des Mondes, wenn es solche gibt, und wenn sie dieselbe Muskelkraft, wie die unsern, besitzen, werden mit derselben Anstrengung schon fünfmal höhere Sprünge machen können, weil sie auch nur durch eine fünfmal geringere Kraft zu ihrer Erde zurückgezogen werden.

§. 47. (Meteorsteine.) Man hat in den neuern Zeiten die Vermuthung aufgestellt, daß die Steine, welche öfter unter heftigen Detonationen aus der Luft zur Erde fallen, und die unter der Benennung von Aerolithen oder Meteorsteinen bekannt sind, Produkte der Vulkane des Mondes seyn mögen.

Wenn man, um die Sache ganz einfach darzustellen, von der Bewegung des Mondes sowohl, als auch von jener der Erde abstrahirt und annimmt, daß der Wurf eines solchen Steines gerade gegen die Erde hin gerichtet sey, so ist es leicht, denjenigen Punkt zwischen Mond und Erde zu finden, wo dieser Stein von dem Monde ganz eben so stark,

Digitized by Google

wie von der Erde angezogen wird. Setzt man nämlich voraus, daß die Kräfte dieser beiden Weltkörper sich wie ihre Massen dividirt durch die Entfernung des Steines von ihrem Mittelpunkte verhalten, so findet man, daß dieser Punkt nahe 7 Erdhalbmesser von dem Monde, also auch nahe 53 Erdhalbmesser von dem Mittelpunkte der Erde entfernt ist. Eine einfache Rechnung zeigt, daß die anfängliche Geschwindigkeit, die der Stein bei seinem Auswurfe durch den Vulkan erhalten, oder daß der Weg, welchen der Stein in der ersten Secunde zurücklegen muß, um jenen Punkt der gleichen Anziehung zu erreichen, 8290 Par. Fuß beträgt, also nahe 12mal größer ist, als die Geschwindigkeit einer Kanonenkugel. Wir kennen aber die Kräfte, welche unsere, und noch weniger jene, welche die Vulkane des Mondes entwickeln, noch zu wenig, als daß wir dadurch über die Wahrscheinlichkeit jenes Ursprungs der Aerolithen uns eine Entscheidung erlauben dürften. Gewiß ist, daß ein Körper, der mit dieser Geschwindigkeit die Oberfläche des Mondes verläßt und in gerader Richtung auf die ruhende Erde fortgeht, jenen Punkt der gleichen Anziehung erreichen, und daß er ihn daher auch, wenn jene anfängliche Geschwindigkeit nur etwas größer ist, auch überholen wird. Dann tritt er aber in die Attractionssphäre der Erde ein und gehört fortan nicht mehr dem Monde, sondern uns an. Da ohne Zweifel die meisten dieser Steine, wenn sie anders diesen Ursprung haben, in einer gegen die Erde schiefen Richtung von dem Monde ausgeworfen werden, so werden sie auch ihren Weg nicht in gerader Richtung auf die Erde hinnehmen, sondern vielmehr, wenn sie einmal die Attractionsgränze des Mondes überschritten haben, in krummen Linien, gleich andern, kleineren Monden, die Erde umkreisen, wo sie dann, besonders wenn ihre Anzahl, wie es scheint, sehr groß ist, oft in den Fall kommen könnten, daß sie die Bahn der Erde durchschneiden, oder so nahe zu derselben gelangen müßten, um von ihr mit Heftigkeit angezogen und zum Herabstürzen auf die Erde gebracht zu werden.

Man könnte fragen, wie viele Zeit ein solcher Stein brauchte, um von jenem Punkte der gleichen Anziehung bis zur Erde zu kommen, oder um seinen Weg von 53 Erdhalbmessern zurückzulegen. — Wenn er bloß von der Erde angezogen und durch die Atmosphäre derselben in seinem Laufe nicht gehindert wäre, so würde er diesen Weg in 2 Stunden 18 Minuten zurücklegen, und am Ende dieser Zeit die Erde mit einer Geschwindigkeit erreichen, vermöge welcher er in einer Secunde 251028 Fuß zurücklegte. Da diese die Geschwindigkeit unserer Kanonenkugeln gegen 360mal übertrifft, so könnte man daraus das tiefe Einschlagen der Aerolithen in die Erde, und die Erscheinung erklären, daß man selbst nach heftigen Steinregen, so wenige derselben auf der Oberfläche des Bodens, wo sie gefallen sind, finden kann. Allein da ein solcher Stein, in dem Punkte der gleichen Attraction, auch noch, obgleich nur schwach, von dem Monde angezogen wird, so muß dadurch seine Endgeschwindigkeit verkleinert, und dafür die Zeit, während welcher er jene 53 Erdhalbmesser zurücklegt, beträchtlich vergrößert werden. In der That findet man, daß er unter dieser Voraussetzung jenen Weg erst in nahe 64 Stunden oder in $2^2/_3$ Tagen zurücklegen würde.

Uebrigens muß man gestehen, daß sich die Erde, ihrem Diener und Fackelträger gegenüber, in einer etwas sonderbaren Lage befindet, wenn anders diese Hypothese von dem Ursprunge der Aerolithen gegründet seyn soll. Sie muß sich von ihm mit Steinen werfen lassen, ohne es verhindern, selbst ohne es, nach dem Rechte der Repressalien, auch nur erwidern zu können, da uns unsere fünfmal größere Schwere hindert,

Digitized by Google

auch unsere Steine dem Monde wieder an den Kopf zu werfen, um wenigstens dadurch den unartigen Diener vielleicht bessere Sitte zu lehren. Da man indeß, wie unsere scharfsinnigen Philosophen sagen, am besten geduldig leidet, was man nicht ändern kann, so wird es wohl auch hier am klügsten seyn, ruhig zuzusehen und abzuwarten, was etwa noch kommen soll, und einstweilen, in Hoffnung besserer Zeiten, die verschossenen Kugeln des Feindes aufzulesen, um sie in unseren Mineralienkabinetten aufzustellen, und dadurch unseren allzeitfertigen Hypothesenkrämern Gelegenheit zu geben, ihr Talent an ihnen nach Lust und Liebe auszuüben.

Indeß mag es an der Zeit seyn, noch auf einen anderen Ursprung dieser sogenannten Meteorsteine aufmerksam zu machen. Es ist nämlich möglich und vielleicht selbst sehr wahrscheinlich, daß sie, ganz wie die übrigen Planeten, obgleich viel kleiner, kosmische Körper sind, die sich nach denselben Gesetzen, wie die Planeten, um die Sonne bewegen, und die, wenn sie auf ihrem Laufe der Erde zufällig nahe kommen, von derselben angezogen werden, sich in unserer Atmosphäre durch die heftige Reibung, welche diese Körper daselbst erleiden, entzünden und dann als Sternschnuppen, Feuerkugeln u. dgl. zur Erde stürzen. Da man ihrer in mancher Nacht schon so viele gesehen hat, so ist ihre Anzahl wahrscheinlich sehr groß, und es scheint sogar, daß mehrere von ihnen sich gruppenweise, in Heerden von vielen Tausenden um die Sonne wälzen. In der Nacht vom 11ten zum 12ten November 1799 wurde eine ganz ungewöhnlich große Menge solcher Sternschnuppen zu gleicher Zeit in Europa und in Amerika sichtbar. Humboldt und Bonpland beobachteten sie auf der Landenge von Panama, während sie von andern in Nordamerika, in Grönland und auch an mehreren Orten in der Mitte Deutschlands gesehen wurden. Nach Humboldt's Erzählung, die mit jener der anderen Beobachter sehr gut übereinstimmt, folgten während nahe vier vollen Stunden viele Tausende solcher Sternschnuppen auf einander. Sie stiegen sämmtlich in Ost und Nordost über den Horizont und fielen in Süden wieder zur Erde herab. Die Meisten zogen einen leuchtenden Schweif von 5 bis 10 Graden Länge hinter sich, und manche übertrafen selbst Jupiter und Venus an Größe und Helligkeit ihres Lichts.

Es ist sehr sonderbar, daß seitdem noch mehrere solcher Erscheinungen und zwar immer nahe an *demselben Monatstag* gesehen wurden. Am 13ten Nov. 1831 sah man auf der See, südlich von Spanien, während einer Zeit von nahe drei Stunden eine sehr große Menge von Sternschnuppen von verschiedener und sehr bedeutender Größe. Am 12ten Nov. 1832 wurde eine ähnliche Erscheinung zu gleicher Zeit in England, Frankreich, Deutschland und dem südlichen Rußland beobachtet. Die Menge der Sternschnuppen soll wahrhaft zahllos gewesen seyn und an mehreren Orten einem Feuerregen geglichen haben. Am 13. Nov. 1833 wurde dasselbe Schauspiel in den vereinigten Staaten von Nordamerika, in Mexico, Jamaika und Cuba zu gleicher Zeit beinahe die ganze Nacht durch gesehen. Alle die Tausende von Sternschnuppen, die öfter den ganzen Himmel, gleich dem Vollmonde, beleuchteten, schienen aus dem Sternbilde des großen Löwen auszugehen. Auch am 13ten Nov. 1835 sah man im südöstlichen Frankreich (Departement de l'Ain) eine ähnliche, doch nicht so auffallende Erscheinung.

Das merkwürdigste bei denselben ist, nebst der großen Anzahl und der regelmäßigen Wiederkehr dieser Sternschnuppen, noch die Richtung ihrer Bewegung, die der Bewegung der Erde entgegengesetzt seyn soll. Wenn sich dieß durch fernere Beobachtungen bestätiget, so ist man bei-

Digitized by Google

nahe gezwungen, anzunehmen, daß außer den großen Kugeln, die wir Planeten nennen, auch noch ganze Aggregate oder Systeme von kleineren Körpern sich in dem Weltraume um die Sonne bewegen, und daß diese Körper, gleich einer Wolke von Sand oder Steinen, ihre Bahnen um die Sonne nach denselben Gesetzen zurücklegen, wie die Erde und die übrigen Planeten. Diese Sandwolken, oder wie man solche Sammlungen von kleinen Planeten nennen mag, und deren es vielleicht unzählige gibt, die sich in den großen Zwischenräumen der anderen, eigentlich sogenannten Planeten herumtreiben, würden daher eine eigene, uns bisher ganz unbekannte Art von Weltkörpern bilden, die wegen dem äußerst lockern Gewebe, aus dem sie bestehen, wegen der getrennten Textur ihrer einzelnen Theile einen sehr großen Raum einnehmen. Nimmt man an, daß die uns nächste Planetenwolke dieser Art mit ihrem Schwerpunkte eine Bahn um die Sonne beschreibt, die nur wenig von der unserer Erde verschieden ist, und daß beide von West nach Ost, also auch nahe in derselben Zeit um die Sonne gehen, so würden wir jährlich einmal, nahe um dieselbe Zeit, dieser Wolke begegnen und vielleicht sogar durch den Rand derselben mit unserem großen Erdenschiffe durchfahren, ohne eben mehr davon zu merken, als daß um dieselbe Zeit die Sternschnuppen immer sehr häufig erscheinen und zugleich alle nahe dieselbe Richtung von West gen Ost haben, indem nämlich diejenigen jener kleinen Planeten, die unserer Erde nahe kommen, von ihr weggezogen, in unserer Atmosphäre entzündet und endlich auf die Erde selbst herabgeschleudert werden. Da nun die Aufmerksamkeit der Astronomen auf dieses sonderbare Phänomen gerichtet ist, so wird der Grund desselben wahrscheinlich schon in den nächsten Jahren mit Bestimmtheit nachgewiesen werden können.

Einstweilen wollen wir wieder zu unserem Gegenstand zurückkehren und zusehen, welche weitere Folgen sich aus dem bisher betrachteten Gesetze der allgemeinen Schwere ableiten lassen.

§. 48. (Bestimmung der Masse der Sonne.) Nach diesem Gesetze ist die Attractionskraft eines jeden Körpers auf einen außer ihm gelegenen Punkt gleich der Masse dieses Körpers, dividirt durch das Quadrat seiner Entfernung von dem angezogenen Punkte. Also ist auch sofort umgekehrt: die Masse des anziehenden Körpers gleich der Anziehungskraft desselben, multiplicirt in das Quadrat der Entfernung.

So gestellt, sieht man sogleich, daß dieses Gesetz uns auch die Massen der Himmelskörper kennen lehrt, wenn man ihre Anziehung auf einen gegebenen äußern Körper kennt.

Diese Anziehung aber wird, (nach §. 33) durch die kleine Linie BM (Fig. 87) ausgedrückt, um welche der angezogene Punkt während einer Secunde zu dem anziehenden Körper hinfällt. Diese kleine Linie ist ferner gleich der Entfernung CA des angezogenen Punktes A von dem anziehenden Körper C, multiplicirt in das halbe Quadrat des kleinen Bogens AM, welchen der angezogene Punkt während einer Secunde um den anziehenden Körper beschreibt. Dieser Bogen endlich, in Theilen des Halbmessers CA seines Kreises ausgedrückt, wird erhalten, wenn man die Zahl 360 durch die in Tagen ausgedrückte Umlaufszeit des angezogenen Punktes dividirt, und die so erhaltene Zahl durch 0.0000048481 multiplicirt, wie dieß alles bereits oben (§. 27) umständlich erörtert wurde.

Wenden wir dieß sogleich auf die Bestimmung der Masse unserer Sonne an. — Die Umlaufszeit der Erde beträgt 365.25638 Tage. Dar-

Digitized by Google

aus folgt, daß der Winkel ACM, den die Erde in einer Secunde um die Sonne beschreibt, 0.0411 Secunden, und daß daher der Bogen AM nur den 0.0000001993ste Theil des Halbmessers der Erdbahn beträgt.

Um nun alles in Halbmessern der Mondsbahn auszudrücken, bemerken wir zuerst, daß die Entfernung der Erde von der Sonne 392mal größer ist, als die Entfernung des Mondes von der Erde. Wir werden also den Halbmesser CA der Erdbahn gleich 392 setzen, und die Hälfte dieser Zahl oder 196 in das Quadrat des vorhergehenden Bogens AM multipliciren, wodurch man für die Größe BM erhält 0.000000000000778 Halbmesser der Mondsbahn. So viele Halbmesser der Mondsbahn fällt also die Erde während jeder Secunde gegen die Sonne, oder dieß ist das eigentliche Maß der Attraction, welche die Sonne in derjenigen Entfernung ausübt, in welcher die Erde sich um sie bewegt. Wollte man diesen Fall in Par. Fuß ausdrücken, so würde man nur die letzte Zahl durch 1173051000 multipliciren, welches die Entfernung des Mondes von der Erde (51355 Meilen) in Par. Fuß ausgedrückt ist, wodurch man für jenen Fall 0.009129 Fuß erhält.

Mit welcher Kraft würde aber die Sonne auf die Erde wirken, wenn die Erde nur so weit von ihr entfernt wäre, als der Mond von der Erde entfernt ist? — Die Antwort auf diese Frage folgt ebenfalls unmittelbar aus unserm Gesetze. Da nämlich diese beiden Kräfte der Sonne, indem die Masse des anziehenden Körpers dieselbe bleibt, sich wie verkehrt die Quadrate der beiden Entfernungen verhalten müssen, so wird man die neue Kraft erhalten, wenn man die vorhergehende, oder wenn man die letztgegebene Zahl durch das Quadrat von 392 multiplicirt, wodurch man die Zahl 0.00000119581 erhält. Das heißt also: Wenn die Erde so nahe bei dem Mittelpunkte der Sonne stehen könnte, als der Mond in der That bei der Erde steht, so würde die Attractionskraft der Sonne auf die Erde BM = 0.00000119581 Halbmesser der Mondsbahn betragen, oder so würde die Erde in jeder Secunde durch diesen Raum BM gegen die Sonne fallen.

Es ist also nur noch übrig, zuzusehen, durch welchen Raum der Mond während derselben Zeit in seiner Bahn gegen die Erde fällt, um sofort die zwei Attractionskräfte, die der Sonne und die des Mondes, für dieselbe Entfernung, nämlich für die Entfernung des Halbmessers der Mondsbahn, zu erhalten. Denn da diese Attraction für dieselben Entfernungen nur mehr durch die Massen der beiden anziehenden Körper, der Sonne und des Mondes, verschieden seyn können, so werden sie sich auch wie diese Massen verhalten müssen.

Was nun den Mond betrifft, so haben wir schon oben gefunden (§. 27), daß er in jeder Secunde den Winkel von 0.5479 Secunden, also den Bogen AM von 0.0000026562 Halbmesser der Mondsbahn beschreibt. Da aber in unsern gegenwärtigen Rechnungen dieser Halbmesser der Mondsbahn für die Einheit aller Distanzen angenommen worden ist, so wird die Anziehungskraft der Erde auf den Mond gleich seyn der Hälfte des Quadrats der letzten Zahl, d. h. gleich 0.000000000035278, und diese Zahl drückt also die Anziehung der Erde auf den Mond aus.

Da ferner, wie gesagt, diese Anziehungen der Sonne und der Erde, wegen der gleichen Distanzen der angezogenen Körper, sich wie die Massen der anziehenden Körper verhalten, so verhält sich auch die Masse der Sonne zur Masse der Erde, wie jene beiden Zahlen, d. h. wie 0.00000119581 zu 0.0000000000035278 oder endlich wie 338980 zu 1, oder die Masse der Sonne ist 338980 größer, als die Masse der Erde.

Digitized by Google

§. 49. (Vereinfachung der vorhergehenden Rechnungen.) Wem vielleicht die vorhergehenden Rechnungen mit den großen, oder eigentlich mit den sehr kleinen Zahlen, nicht bequem genug dünken, der kann sich, mit einer geringen Aenderung, das ganze Geschäft sehr abkürzen. In der That, es wurde oben gesagt, die Masse sey das Produkt der kleinen Linie BM in das Quadrat der Entfernung AC des angezogenen Körpers von dem anziehenden. Allein diese Linie BM ist gleich dem halben Produkte derselben Entfernung AC in das Quadrat des Bogens AM, oder was hier, wo es sich nur um Verhältnisse handelt, dasselbe ist, die Linie BM ist gleich dem Produkte der Entfernung in das Quadrat des Winkels ACM,' welchen der angezogene Punkt in einer Secunde beschreibt. Also ist auch „die Masse des anziehenden Körpers gleich dem Quadrate dieses Winkels multiplicirt mit dem Würfel der Entfernung des angezogenen Punktes."

In dieser Gestalt unseres Satzes wird die vorhergehende Berechnung viel einfacher. In der That, für die Sonne wird der erwähnte Winkel gleich 0."0411 und die Entfernung gleich 392, also ist auch das Produkt des Quadrats der ersten Zahl in den Würfel der zweiten, oder die Masse der Sonne gleich 101752. — Für den Mond aber ist jener Winkel 0."54788, und die Entfernung 1, also auch das erwähnte Produkt oder die Masse der Erde gleich 0.300172; woraus sofort folgt, daß die Masse der Sonne zur Masse der Erde sich verhält, wie 101752 zu 0.300172 oder wie 338980 zu 1, wie zuvor.

§. 50. (Analoge Bestimmung der Masse der Planeten.) Ganz eben so wird man auch die Masse aller derjenigen Planeten bestimmen können, die mit Satelliten versehen sind. Der vierte Satellit Jupiters z. B. vollendet den Umlauf um seinen Hauptplaneten in 16.68877 Tagen, woraus folgt, daß er in einer Zeitsecunde den Winkel von 0.8988 Secunden beschreibt, während seine Entfernung von dem Mittelpunkte Jupiters 252300 Meilen beträgt. Die Entfernung der Erde von der Sonne aber ist 20658000 Meilen, also nahe 81.9mal größer, als jene, und der Winkel, den die Erde während einer Secunde um die Sonne zurücklegt, ist nach dem Vorhergehenden 0.0411 Secunden. Multiplicirt man also das Quadrat von 0.0411 mit dem Würfel von 81.9, so erhält man für die Masse der Sonne die Zahl 927.98. Multiplicirt man aber das Quadrat von 0.8988 mit dem Würfel von 1, so erhält man für die Masse Jupiters die Zahl 0.80786. Die Masse der Sonne verhält sich daher zur Masse Jupiters, wie 927.98 zu 0.80786 oder wie 1149 zu 1. Oben haben wir aber die Masse der Sonne 338980mal größer als die Masse der Erde gefunden, also ist auch die Masse Jupiters 295mal größer, als die der Erde. Eben so findet man, daß die Masse Saturns 95, und die des Uranus 17mal größer ist, als die der Erde u. s. w.

(Andere Bestimmung der Masse der Sonne gegen die der Erde.) Man sieht, daß die vorhergehende Bestimmung der Massen sich eigentlich darauf reducirt, daß man für zwei Centralkörper die Größe des Falles bestimmt, den die von ihnen angezogenen Punkte während einer Secunde durchleiden, und daß man nur diesen Fall beider Körper auf dieselbe Entfernung bringen darf, um sofort auch das Verhältniß der Massen beider Centralkörper zu erhalten. So ist die Sonne der Centralkörper für die Erde, und diese ist wieder der Centralkörper für den Mond, so wie Jupiter ebenfalls der Centralkörper für seine vier Satelliten ist. Ganz eben so kann man aber auch den Mittelpunkt der Erde als den Centralkörper für die auf der Oberfläche der Erde frei fallenden Körper betrachten, und da die Größe dieses Falles aus den Beobachtungen

Digitized by Google

bekannt ist, so läßt sich auch daraus die Masse der Sonne ohne Beihülfe des Mondes unmittelbar ableiten. In der That, dieser Fall auf der Oberfläche der Erde beträgt, wie wir schon öfter erwähnt haben, 15 Fuß während einer Secunde, und die Entfernung dieser fallenden Körper von dem Mittelpunkte der Erde ist dem Halbmesser der Erde gleich. Wenn aber diese Körper 23600mal weiter, d. h. wenn sie so weit, als die Erde von der Sonne, von dem Mittelpunkte der Erde entfernt wären, so würden sie, unserem allgemeinen Gesetze gemäß, in der ersten Secunde nur nahe durch 15, dividirt durch das Quadrat von 23600, das heißt, nur nahe durch den Raum von 0.000000026932 Fuß gegen diesen Mittelpunkt der Erde, gegen ihren Centralpunkt fallen. Allein die Erde selbst fällt gegen ihren eigenen Centralpunkt, d. h. gegen die Sonne, wie wir oben gesehen haben, in derselben Zeit durch 0.009129 Fuß. Da nun diese beiden Fallhöhen sich wie die beiden anziehenden Kräfte d. h. wie die Massen der beiden anziehenden Körper verhalten müssen, so ist die Masse der Sonne zu jener der Erde, wie die beiden letztgenannten Zahlen, d. h. wie 339000 zu 1, sehr nahe, wie schon oben gefunden wurde.

§. 51. (Ausdehnung dieses Gesetzes.) Bisher haben wir dieses Gesetz nur auf die Körper unseres Sonnensystems angewendet, und wir könnten uns begnügen, zu wissen, daß es bis an die äußerste Gränze desselben befolgt wird, da ohnehin alles, was jenseits dieser Gränze liegt, für uns größtentheils noch ganz unbekanntes Land ist, und wahrscheinlich auch immer bleiben wird.

Diese Gränze ist übrigens so weit von uns entfernt, oder das Reich der Sonne ist, in Vergleich mit allen Reichen der Erde, so gewaltig groß, daß wir Ursache haben, uns Glück zu wünschen, daß es einem von uns gelungen ist, das zwar kurze, aber mit der größten Genauigkeit befolgte Gesetzbuch dieser wahrhaft unermeßlichen Monarchie, des eigentlichen Sonnenstaates, aufgefunden zu haben. Von den Planeten, die wir in diesem Sonnensysteme kennen, ist Uranus der weiteste von der Sonne. Er ist über 19mal weiter als die Erde, oder nahe 400 Millionen deutsche Meilen von der Sonne entfernt.

Eine Kanonenkugel, die in jeder Secunde, ohne zu ermatten, 600 Par. Fuß zurücklegte, würde diesen Weg erst in 480 Jahren vollenden. Allein dieser Planet ist noch weit von der uns bekannten Gränze jenes Reiches entfernt. Derjenige Himmelskörper, der sich unter den bisher berechneten am meisten von der Sonne entfernt, ist der große Komet, der im Jahre 1680 erschienen ist. Er steht in seiner Sonnenferne über 880mal weiter als die Erde, oder nahe 17600 Millionen Meilen von der Sonne ab, und jene Kugel würde ihn erst in 21400 Jahren erreichen. Aber auch er gehorcht, wie die Rechnungen der Astronomen zeigen, dem oben (I. §. 146) erwähnten dritten Gesetze Kepler's, also auch diesem allgemeinen Gesetze der Schwere: von welchem jenes, wie wir gesehen haben, nur eine Folge ist.

Aber außer diesem Reiche? Jenseits der Gränzen des Sonnengebietes? — Wir haben bereits gesagt, daß dort nur unbekanntes Land für uns ist, und daß wir sonach nicht bestimmen können, welche Gesetze in jenen ungemessenen Entfernungen gelten mögen. Wir haben oben (I. §. 70) gesehen, daß unsere Kenntnisse dieser Gränze durchaus nur negativer Art sind, und daß wir bloß wissen, daß der nächste Fixstern nicht unter vier Billionen deutsche Meilen von uns entfernt seyn kann. Ob er aber noch zwei- oder zehn- oder hundertmal weiter von uns absteht, ist uns gänzlich unbekannt. Demnach sind die andern Sonnen, die Fixsterne, welche wir in so großer Zahl über uns glänzen sehen,

Digitized by Google

wenigstens so weit von uns entfernt, daß zwischen den nächsten derselben und zwischen der Sonnenferne jenes äußersten Kometen noch immer ein Zwischenraum von 3980000 Millionen Meilen, eine ungeheure Wüste liegt, die unsern Staat ringsum von allen andern Sonnengebieten trennt, und deren Oberfläche über 50 Quadrillionen Quadratmeilen beträgt.

Es scheint verwegen, um die Ereignisse, welche dort vorgehen, und um die Gesetze zu fragen, nach welchen sie vorgehen.

Und doch — auch die Auflösung dieses Räthsels, so schwer es auch scheint, ist dem menschlichen Geiste bereits gelungen.

Wir haben oben (II. §. 210) von einer eigenen Gattung von Fixsternen gesprochen, die man immer Paarweise, sehr nahe neben einander stehend, antrifft.

Wir erwähnten, daß bei mehreren dieser Doppelsterne der eine sich um den andern bewegt, daß man sogar bei einigen derselben schon die Gestalt der Bahn bestimmt hat, in welcher diese Bewegung vor sich geht, und daß man dabei das überraschende Resultat fand, daß die Bahn des einen dieser Sterne eine Ellipse ist, in deren einem Brennpunkt der andere Stern liegt, ganz so wie bei den Planeten und Satelliten unseres Systems, von deren elliptischen Bahnen auch der eine Brennpunkt von der Sonne oder von dem Hauptplaneten eingenommen wird. Allein schon Newton hat gezeigt, daß solche Bewegungen eine nothwendige Folge des Gesetzes der allgemeinen Schwere sind. Daraus würde also folgen, daß auch in jenen ungemessenen Fernen das Gesetz unseres Sonnensystems anerkannt wird, und daß es daher höchst wahrscheinlich das allgemeine Gesetz der ganzen, endlosen Natur ist. — Welches Entzücken würde Newton zu Theil geworden seyn, ihm, der schon vor Freude über die Entdeckung des Gesetzes unseres Systems in ein krankhaftes Entzücken verfiel, wenn er diese Ausdehnung seiner Entdeckung über den ganzen Weltenraum auch nur hätte ahnen können.

§. 52. (Bestimmung der Massen dieser Doppelsterne.) Wir haben oben bereits von mehreren dieser Sternenpaare die Umlaufszeit des einen um den anderen mitgetheilt. So beträgt sie bei dem schönen Doppelstern Castor in den Zwillingen 253, bei ξ im großen Bären 61, bei η in der nördlichen Krone 43 Jahre u. s. w. Wenn wir nun auch durch künftige Beobachtungen dahin gelangen sollten, die Halbmesser der Bahnen dieser Sterne in einem uns bekannten Maaße, z. B. in Meilen, anzugeben, so würden wir daraus, ganz so wie oben bei den Planeten, auch den Fall dieser Gestirne gegen ihren Centralkörper finden können, und daraus mittelst des allgemeinen Gesetzes der Schwere, auch denjenigen Fall bestimmen, den das Gestirn haben würde, wenn es von seinem Centralkörper eben so weit, als die Erde von der Sonne, entfernt wäre. Diesen Fall mit demjenigen verglichen, welchen unsere Erde in der That hat, würde uns dann sofort die Masse jenes Centralkörpers in Beziehung auf die Masse unserer Sonne kennen lehren.

Nehmen wir an, der Halbmesser der Bahn eines solchen Doppelgestirns sey zwanzigmal größer, als der Halbmesser der Erdbahn, und sein Fall gegen den Centralkörper betrage $^1/_{10}$ Fuß während einer Secunde. Da unsere Erde in dieser Zeit um 0.009129 Fuß gegen die Sonne fällt, so würde sie, jenem allgemeinen Gesetze gemäß, wenn sie, so wie jene Sterne, zwanzigmal weiter von der Sonne entfernt wäre, in jeder Secunde nur durch 0.009129, dividirt durch 400, das heißt, nur durch 0.0000228 Fuß fallen, während doch jener Stern in der That durch $^1/_{10}$ Fuß fällt. Daraus folgt, daß sich die Masse jenes Centralsterns zur Masse unserer Sonne verhält, wie 0.1 zu 0.0000228 oder wie 4380

Digitized by Google

zu 1. — Oder auch umgekehrt: Der Stern fällt in seiner Entfernung von 20 Erdweiten in einer Secunde durch 0.1 Fuß. Er würde daher, wenn er seinem Centralstern zwanzigmal näher, d. h. so nahe, als die Erde der Sonne wäre, in derselben Zeit durch 400mal 0.1, das heißt durch 40 Fuß fallen, woraus wieder folgt, daß die Masse des Centralkörpers sich zu der Sonnenmasse verhält, wie 40 zu 0.009129 oder wie 4380 zu 1, wie zuvor.

§. 53. (Größe der Himmelskörper.) Wir haben bereits oben (I. Kap. 5.) die Mittel angezeigt, deren sich die Astronomen bedienen, die Entfernungen der himmlischen Körper von der Erde zu finden. Wenn aber einmal diese Entfernung, z. B. in Meilen, bekannt ist, so braucht man nur noch den Winkel zu beobachten, unter welchen uns der Halbmesser dieser Körper erscheint, um sofort auch die wahre Größe dieses Halbmessers in Meilen zu erhalten. Man multiplicirt nämlich diesen Winkel durch die gegebene Entfernung, und durch die bekannte Zahl 0.000004848 (§. 48), und das Produkt ist der Halbmesser des Gestirns in Meilen. So erscheint uns der Halbmesser der Sonne unter dem Winkel von 996 Secunden, und ihre Entfernung von der Erde beträgt 20658000 Meilen, also beträgt auch der wahre Halbmesser derselben 99750 Meilen. Da nun der Halbmesser der Erde bekanntlich 859 Meilen hat, so ist der Halbmesser, also auch der Durchmesser der Sonne, nahe 116mal größer, als jener der Erde. Da ferner die Oberfläche der Kugeln sich wie die Quadrate, und die Inhalte oder Volumina derselben, wie die Würfel ihrer Halbmesser verhalten, so ist die Oberfläche der Sonne 13456mal größer, als die der Erde, und ihr Volum ist 1560000mal größer, als das der Erde. Eben so findet man das Volum Saturns 928, und das Jupiters 1330mal größer, als das Volum der Erde.

§. 54. (Dichtigkeit der Himmelskörper.) Nachdem wir nun das Volum sowohl, als auch die Masse der Himmelskörper kennen gelernt haben, wird es keine weitere Schwierigkeit mehr haben, auch die Dichtigkeit derselben oder das Verhalten des Stoffes, aus dem sie bestehen, zu dem unserer Erde zu bestimmen. Die Dichtigkeit eines jeden Körpers ist nämlich nichts anders, als das Verhältniß seiner Masse zu seinem Volum, indem die Dichte derselben offenbar in demselben Verhältnisse größer werden muß, in welchem die Masse bei demselben Volum größer, oder in welchem das Volum bei derselben Masse kleiner wird. Man darf daher nur die Masse eines Körpers durch sein Volum dividiren, um die Dichtigkeit desselben zu erhalten.

So fanden wir oben für unsere Sonne die Masse 338980, und das Volum 1560000, wenn Masse und Volum der Erde als Einheit vorausgesetzt wird. Also ist auch die Dichte der Sonne 0.22, oder nahe $^1/_4$ von der Dichte der Erde. Die Masse Saturns wurde oben gleich 100 oder genauer 95, und das Volum dieses Planeten gleich 928 von dem der Erde gefunden, also ist auch die Dichte Saturns 0.12 oder nur der zehnte Theil von der Dichte der Erde. Die Dichte unserer Erde aber, dieselbe im Ganzen betrachtet, ist nach Maskelyne's Versuchen 4.5, und nach Cavendish sinnreichem Experimente 5.2 der Dichtigkeit des reinen Wassers, welche beide Zahlen man im Mittel zu 4.85 oder nahe 5 nehmen kann.

Nimmt man die Dichtigkeit der Erde als Einheit an, so findet man für die Dichtigkeiten der Himmelskörper unseres Systemes folgende Zahlen:

Sonne	0.22	Saturn	0.12
Uranus	0.20	Jupiter	0.22

Digitized by Google

Mars	0.69	Jupiters Satellit	I.		0.2
Erde	1.00	»	»	II.	0.4
Venus	1.07	»	»	III.	0.3
Merkur	3.61	»	»	IV.	0.4
Mond	0.70				

Um diese Dichtigkeiten mit denen unserer bekanntesten irdischen Körper zu vergleichen, wollen wir dieses Kapitel mit einem kleinen Verzeichnisse derselben beschließen, das uns bei anderen Gelegenheiten wieder nützlich seyn kann. Die in demselben angegebenen Dichtigkeiten setzen die des reinen oder destillirten Wassers gleich der Einheit voraus.

Schwefeläther	0.71	Schwefel	2.03
Reinster Alcohol	0.79	Porcellan	2.14
Terpentinöl	0.87	Feldspath	2.56
Olivenöl	0.91	Bergkrystall	2.65
Wein, Bordeaux	0.99	Korallen	2.69
Milch	1.03	Perlen	2.75
Meerwasser	1.02	Smaragd, grün	2.77
Salpetersäure	1.22	Onyx	2.81
Schwefelsäure	1.84	Marmor	2.84
Korkholz	0.24	Asbest	2.99
Pappelholz	0.38	Turmalin	3.15
Cedernholz	0.56	Flintglas	3.33
Tannenholz	0.66	Diamant	3.53
Apfelholz	0.73	Topas, orient.	4.01
Eschenholz	0.84	Saphir, orient.	3.99
Pottasche	0.86	Spath	4.43
Eis	0.97	Jode	4.95
Alaun	1.80	Chrome	5.90
Elfenbein	1.92	Zink	6.86
Eisen, Guß-	7.21	Silber	10.47
Eisen, geschmiedet	7.79	Rhodium	11.00
Stahl	7.81	Palladium	11.30
Nickel	8.28	Blei	11.35
Arsenik	8.31	Quecksilber	13.60
Kupfer	8.79	Gold, geschmiedet	19.36
Wismuth	9.82	Platin, geschmiedet	20.34

Kapitel IV.

Elliptische Bewegung der Himmelskörper.

§. 55. (Bewegungen in krummen Linien überhaupt.) Wir haben oben (II. §. 15) gesehen, daß, wenn ein Körper sich in einer geraden Linie, und mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt, diese Bewegung nur die

Digitized by Google

Folge eines ersten Impulses, eines Stoßes seyn kann, der bloß einen Augenblick thätig ist, dessen Wirkung aber, nach dem Gesetze der Trägheit (II. §. 20) ohne Ende fortdauert, wenn keine anderen, äußeren Einwirkungen diese Bewegung stören. Wenn daher ein Körper sich entweder in einer krummen Linie mit gleichförmiger Geschwindigkeit, oder in einer geraden Linie mit ungleichförmiger Geschwindigkeit, oder endlich, wenn er sich in einer krummen Linie mit veränderlicher Geschwindigkeit bewegt, so werden wir in allen diesen Fällen annehmen müssen, daß wenigstens zwei Kräfte auf ihn wirken. Die eine derselben kann ebenfalls ein bloßer Impuls, ein anfänglicher, augenblicklicher Stoß oder Zug seyn, in dessen Folge der Körper, wie zuvor, eine gerade Linie, deren Richtung die dieses Stoßes ist, mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchlaufen würde. Wenn aber die wahre Bahn, die wir den Körper beschreiben sehen, eine krumme Linie, d. h. eine solche ist, deren Richtung sich immerwährend und in jedem Augenblicke ändert, so kann die andere der beiden auf ihn wirkenden Kräfte nicht mehr von der Art eines augenblicklichen Stoßes, sondern sie muß, wie die oben betrachtete Attraction der Erde, eine ebenfalls immerwährend und in jedem Augenblicke fortwirkende Kraft seyn, weil nur durch eine solche Kraft die immerwährende Aenderung der Richtung der Bahn, so wie die stetige Aenderung der Geschwindigkeit des Körpers sich erklären läßt.

§. 56. (Zerlegung der Kräfte.) Es scheint auf den ersten Blick keine leichte Aufgabe zu seyn, die Bahn eines solchen, von zwei Kräften nach verschiedenen Richtungen getriebenen Körpers zu bestimmen. Allein wir haben bereits oben eines allgemeinen Grundsatzes der Mechanik erwähnt, der uns hier ganz besonders zu statten kommen wird. Nach diesem Grundsatze, der mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmt, bringt jede der beiden Kräfte auf die Körper ganz dieselbe Wirkung hervor, die sie hervorgebracht haben würde, wenn sie ganz allein auf ihn gewirkt hätte, oder wenn die andere gar nicht da gewesen wäre. Diesem Grundsatze, den man das Princip der Zerlegung der Kräfte nennt, gemäß, wird man also die Wirkungen der beiden Kräfte abgesondert betrachten können, wodurch das Geschäft der Bahnbestimmung ungemein erleichtert wird. Einige Beispiele werden dieß sogleich näher erklären.

Wenn ein Körper A (Fig. 88) durch irgend eine Kraft M während einer bestimmten Zeit, und in gleichförmiger Bewegung von A nach B, und zugleich von irgend einer andern Kraft N in derselben Zeit von A nach C getrieben wird, so findet man den Weg, welchen er in Folge der vereinten Wirkung beider Kräfte beschreibt, auf folgende Art: Man ziehe die Linie BD mit AC und CD mit AB parallel, so entsteht das Parallelogramm ABCD, und der gesuchte Weg des von beiden Kräften getriebenen Körpers wird die Diagonale AD dieses Parallelogramms seyn. Denn da die Kraft N nach der Richtung von AC, die mit BD parallel ist, wirkt, so wird diese Kraft, vermöge des erwähnten Principes, diejenige Bewegung des Körpers, mit welcher er sich der Linie BD zu nähern sucht, nicht ändern, und er wird daher diese Linie BD in derselben oben erwähnten Zeit erreichen, die Kraft N mag auf ihn wirken oder nicht. Dieser Körper wird also am Ende dieser Zeit irgendwo in dieser Linie BD seyn müssen. Ganz eben so wird man auch zeigen, daß er bloß vermöge der Kraft N am Ende derselben Zeit irgendwo in der Linie CD seyn müsse, die Kraft M mag auf ihn wirken oder nicht. Der Körper wird daher am Ende dieser Zeit sowohl in der Linie BD, als auch irgendwo in der Linie CD, das heißt, er wird in dem gemeinschaftlichen Durchschnittspunkte D dieser beiden Linien seyn, und daher die Diago-

Digitized by Google

nale AD des Parallelogramms beschrieben haben, von welchen die Seitenlinien AB und AC die beiden auf ihn wirkenden Kräfte, ihrer Größe und Richtung nach, vorstellen.

Auf diese Weise und mit denselben Worten hat Newton im ersten Buche seiner Principien dieses Theorem von der Zerlegung der Kräfte erklärt, dessen wir schon oben (I. §. 80) Erwähnung gethan haben. Seine Nachfolger haben sich bemüht, es streuge zu beweisen. Es wäre aber zu wünschen, daß diese einfache und gemeinverständliche Darstellung wenigstens in unseren populären Lehrbüchern beibehalten worden wäre, und daß man, aus zu weit getriebener Vorliebe für die Rigorosität der Beweise, eine Erklärung, die Newton in sein unsterbliches Werk aufgenommen hat, nicht unter der scholastischen Würde gehalten hätte, mit welcher unsere Dogmatiker sich noch immer so gerne brüsten.

Das Vorhergehende bezieht sich übrigens nur auf geradlinige und gleichförmige Bewegungen. Allein man sieht, daß es unmittelbar auch auf jede andere Bewegung angewendet werden kann, wenn man die krumme Linie der Bahn, wie dieß in der Geometrie und Mechanik geschieht, in so kleine Theile zerlegt, daß man sie, ohne merklichen Fehler, als gerade Linien, deren jede mit gleichförmiger Bewegung zurückgelegt wird,. betrachten kann.

§. 57. (Bahn der geworfenen Körper auf der Erde.) Es werde nun ein Körper A (Fig. 89) auf der Oberfläche der Erde in einer horizontalen Richtung Aδ geworfen und zugleich in jedem Augenblicke von der Kraft der Erde angezogen. Wenn bloß der erste augenblickliche Impuls des Wurfes auf ihn wirkt, so würde er in jeder Secunde die gleich großen Theile Aα, αβ, βγ.. der horizontalen Linie Aαβγ.. beschreiben, von welchen z. B. jeder dieser Theile hundert Fuß betragen soll. — Wenn aber bloß die Anziehung der Erde auf ihn wirkte, welche Wirkung man hier, aus der bereits oben (§. 19) angeführten Ursache als constant, und in unter sich parallelen oder senkrechten Richtungen annehmen kann, so würde dieser Körper in der ersten Secunde (nach §. 19) um 15.098 Fuß senkrecht zur Erde fallen. Wir wollen diese Größe, der Kürze wegen, ein Maaß nennen. Wenn er also während der ersten Secunde durch ein Maaß fällt, so wird er, nach der Tafel des §. 18, während der zweiten durch 4, während der dritten durch 9, während der vierten Secunde durch 16 Maaß fallen u. s. w.

Dieß vorausgesetzt, ziehe man also durch die Endpunkte α, β, γ.. jener gleichen Theile der horizontalen Linie Aδ die darauf senkrechten, oder die vertikalen Linien αb, βc, γd.. und nehme auf ihnen die Stücke

αB gleich 1 Maaß
βC „ 4 „
γD „ 9 „
δE „ 16 „ u. s. f.

so werden A, B, C, D.. die Punkte seyn, in welchen sich der geworfene Körper im Anfange der 1sten, 2ten, 3ten, 4ten Secunde befindet. Vereinigt man dann diese Punkte durch eine etwa mit freier Hand gezogene krumme Linie ABCD.., so erhält man die gesuchte Bahn des geworfenen Körpers. Je kleiner man die anfänglichen gleichen Theile der horizontalen Linie Aδ genommen hat, desto genauer wird man auch diese krumme Linie selbst erhalten. Dieselbe Zeichnung zeigt auch, daß man diese krumme Linie als eine Folge der Diagonalen von den Parallelogrammen jener beiden Kräfte ansehen kann. In der ersten Secunde sind diese beiden Kräfte Aα und αB, und AB die Diagonale ihres Parallelogramms. Wenn am Ende dieser ersten Secunde die Schwere der

Digitized by Google

Erde nicht auf den Körper wirkte, so würde er in der Verlängerung Bb' dieser Diagonale, in der einmal erhaltenen Richtung fortgehen. Allein durch diese Schwere wird er, während der ersten Secunde, um die Linie Bb fallen, also wird er die Diagonale BC der beiden Kräfte Bb und Bb' beschreiben. In der dritten Secunde würde er, vermöge der in C erhaltenen Geschwindigkeit in der Richtung Cc' der Verlängerung von BC fortgehen, aber von der Schwere um Cc senkrecht herabgezogen werden, so daß er die Diagonale CD der beiden Kräfte Cc und Cc' beschreibt u. s. w.

Da für die gleichen Abstände Aα, αβ, βγ.. der horizontalen Linie die darauf senkrechten Linien αB, βC, γD.. sich wie 1, 4, 9.., das heißt, wie die Quadrate der natürlichen Zahlen verhalten, und da dieß eine bekannte Eigenschaft der Parabel (§. 61) ist, so ist dadurch auch die Bahn der über der Erde geworfenen Körper geometrisch bestimmt. Uebrigens sieht man, daß ein solcher Körper einen desto größern parabolischen Bogen über der Erde beschreiben, oder daß er die Oberfläche derselben desto später erreichen wird, je größer die anfängliche Wurfkraft, d. h. je größer die Linie Aα ist, so wie, daß diese Linie endlich auch so groß werden kann, daß der geworfene Körper die Erde gar nicht mehr erreicht, sondern eine krumme Linie um sie beschreibt, wo wir dann wieder auf denjenigen Fall zurückkommen, von welchem wir bereits oben (§. 45) gesprochen haben, nämlich auf einen künstlichen Satelliten der Erde, der gleich unserem Monde, seine Bahn um diese Erde zurücklegt.

§. 58. (Princip der Erhaltung der Flächen bei Bewegungen durch Centralkräfte.) Dieß leitet uns gleichsam von selbst auf die Bewegung der Satelliten um ihren Hauptplaneten, und auf die dieser Planeten um die Sonne, als um den Centralpunkt ihrer Bahnen. — Nehmen wir also an, ein Planet A (Fig. 90) habe im Anfange seiner Bewegung durch irgend eine äußere Veranlassung einen Stoß erhalten, in dessen Folge er während der ersten Secunde die gerade Linie AB zurücklegt. Wenn weiter keine Kraft auf den Planeten wirkte, so würde er in der zweiten Secunde, in derselben Richtung, die eben so große Linie Bc = AB zurücklegen. Wenn aber auch die immer thätige Kraft der Sonne, deren unveränderlichen Ort wir in S annehmen wollen, auf ihn wirkt, so wird sie den Planeten während der zweiten Secunde in der Richtung BS, etwa um die Linie Bm, an sich ziehen. Demnach hat der Planet, wenn er in dem Punkte B ankommt, zwei Geschwindigkeiten: die eine Bc, nach dem Gesetze der Trägheit, in der Tangente seiner Bahn, und die andere Bm nach der Richtung gegen die Sonne S. Zieht man daher durch c die gerade Linie cC gleich und parallel mit Bm, und ergänzt das Parallelogramm BCcm, so wird die Diagonale BC dieses Parallelograms den eigentlichen Weg des Planeten während der zweiten Secunde vorstellen, und derselbe wird, am Ende dieser Secunde, in dem Punkte C seyn. Allein die beiden Dreiecke ASB und BSc haben gleiche Flächen, weil ihre Grundlinien AB und Bc gleich groß, und ihre Scheitel in demselben Punkte S, also in derselben Höhe über ihrer Grundlinie sind. Aber auch die beiden Dreiecke BSc und BSC haben gleiche Flächen, weil sie eine gemeinschaftliche Grundlinie SB, und ihre Scheitel C und c in einer Linie Cc haben, die zu jener Grundlinie parallel ist, so daß also auch dieses zweite Dreieckspaar, wie das erste, gleiche Basis und Höhe hat. Daraus folgt demnach, daß auch die beiden äußersten dieser Dreiecke, nämlich das Dreieck ASB und BSC gleiche Flächen haben, und eben dasselbe wird auch von den beiden Dreiecken

Digitized by Google

BSC und CSD gelten, wenn der Planet am Ende der dritten Secunde in dem Punkte D ist, und so fort für jeden folgenden Punkt.

Man sieht daraus, daß, wenn die anziehende Kraft einen festen Punkt S einnimmt, oder wenn sie eine sogenannte Centralkraft ist, die Bewegung der von ihr angezogenen Körper immer so beschaffen seyn muß, daß die Flächen ASB, BSC, CSD.., welche die Radien SA, SB, SC.. um den Sitz S der Kraft beschreiben, der Zeit proportional sind, oder daß diese Flächen immer in 2, 3, 4.. Secunden auch 2, 3, 4..mal so groß sind, als in einer Secunde. Dieß ist das erste Gesetz Kepler's, welches wir schon oben (I. §. 132) betrachtet haben. Kepler hatte dasselbe durch unmittelbare Beobachtungen auf bloß praktischem Wege, und nur für die elliptischen Bahnen der Planeten gefunden. Man sieht aber aus der vorhergehenden einfachen Deduction, daß dasselbe überhaupt für alle Bahnen gilt, die durch eine Centralkraft erzeugt werden, und es ist leicht zu zeigen, daß derselbe Satz auch umgekehrt Statt hat, daß nämlich, so oft die von den Radien eines Körpers um einen festen Punkt beschriebenen Flächen der Zeit proportional sind, die sie bewegende Kraft eine Centralkraft, oder eine solche Kraft seyn müsse, die in diesem festen Punkte ihren Sitz hat.

§. 59. (Allgemeine Betrachtung der Kegelschnitte.) In der That ist es auch nicht nothwendig, daß die von den Planeten um die Sonne beschriebenen Bahnen immer die Gestalt einer Ellipse haben, selbst dann nicht, wenn die Kraft der Sonne, wie wir oben gezeigt haben, sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhält.

Man kann nämlich durch Rechnung zeigen, daß bei einer so gestalteten Kraft der Sonne die Bahnen der um sie gehenden Körper überhaupt sogenannte Linien der zweiten Ordnung, oder daß sie Kegelschnitte seyn werden, deren es im Allgemeinen drei Gattungen gibt, die wir hier etwas näher betrachten wollen.

Wenn man durch den Mittelpunkt eines horizontalen Kreises eine verticale gerade Linie errichtet, und dann eine zweite gerade Linie um den höchsten Punkt dieser Verticalen so herumführt, daß sie immer durch diesen Punkt und durch die Peripherie jenes Kreises geht, so beschreibt diese zweite, bewegliche Gerade eine krumme Oberfläche, die man einen Kegel nennt, von welchem jener oberste Punkt der Scheitel ist. Man kann sich die bewegliche gerade Linie auch über diesen Punkt unbestimmt verlängert denken, wo sie dann durch ihre oben angegebene Bewegung einen Doppelkegel beschreiben wird, von welchem jener feste Punkt als Mittelpunkt betrachtet werden kann. In Fig. 91 ist der untere Theil eines solchen Kegels vorgestellt, wo C der Mittelpunkt des Kreises BD, und CA die darauf senkrechte Gerade, wo AB oder AD die bewegliche Gerade, und A der Scheitel des Kegels ist.

Denken wir uns die Oberfläche dieses Kegels in irgend einem Punkte M derselben durch eine auf der Ebene der Zeichnung senkrecht stehende Ebene MN geschnitten, so wird der Durchschnitt der Kegelfläche mit der schneidenden Ebene MN eine sogenannte Linie der zweiten Ordnung seyn. Diese Linie wird aber ganz andere Gestalten und Eigenschaften erhalten, wenn die schneidende Linie MN selbst von verschiedener Lage ist. — Man bemerkt hier vorzüglich drei Fälle. Um sie leichter zu unterscheiden, wollen wir zuerst die fixe schneidende Linie MO parallel mit der gegenüberstehenden Seite AB des Kegels ziehen und von ihr ausgehen, um auch die anderen Schnitte, die über und unter diesem fixen Schnitte liegen, zu betrachten.

§. 60. (Ellipsen.) Hier bemerken wir zuerst, daß, so lange die

Digitized by Google

schneidende Linie MN über der fixen Linie MO, oder irgendwo in dem Winkel AMO liegt, der Schnitt der Ebene mit dem Kegel immer auch die dem Einschnittpunkte M gegenüber liegende Seite AB des Kegels trifft, und daß daher die durch diesen Schnitt erzeugte krumme Linie eine ringsum geschlossene Curve bilden wird. Diese Curven sind es, die in der Geometrie Ellipsen genannt werden. Wir haben ihre vorzüglichsten Eigenschaften bereits oben (I. §. 136) betrachtet. Wenn die schneidende Linie sehr nahe an MA liegt, so wird die so entstehende Ellipse sehr länglich oder sehr excentrisch seyn. Wie diese Linie MN von MA weiter gegen MO herabrückt, wird die Excentricität der Ellipse kleiner, und wenn MN in eine solche Lage gekommen ist, daß sie mit der Ebene des Kreises parallel, oder daß sie senkrecht auf die Axe AC des Kegels steht, so verschwindet diese Excentricität völlig, und der Kegelschnitt wird zu einem Kreise, der als eine Ellipse mit verschwindender Excentricität betrachtet werden kann. Wenn aber die schneidende Linie MN noch weiter gegen die fixe Linie MO herabsinkt, so entstehen wieder Ellipsen, deren Größe und deren Excentricität immer bedeutender wird, je tiefer die schneidende Linie MN herabsinkt. Da man die Seitenlinien AB und AD des Kegels auch unter den Kreis BD unbestimmt verlängert sich vorstellen kann, so sieht man, daß der Schnitt, so lange er nur innerhalb des Winkels AMO Statt hat, immer noch die gegenüberstehende Seite AB oder ihre Verlängerung treffen, daß also die so entstehende Linie immer noch eine geschlossene Linie, eine Ellipse seyn wird.

§. 61. (Parabeln.) Allein so wie die schneidende Linie MN diese Gränze erreicht und in die Lage der fixen Linie MO kömmt, ist dieß nicht mehr der Fall. Hier geht nämlich der Schnitt nicht mehr durch die dem Punkte M gegenüber liegende Seite AB des Kegels, weil die beiden Linien MO und AB einander parallel sind und sich daher nie schneiden können, so weit man auch den Kegel auf der untern Seite des Kreises BD verlängert. Hier ist also auch die Curve des Schnittes keine geschlossene, in sich selbst zurückkehrende, sondern sie ist eine gegenüber von M offene Linie, die von ihrem Scheitel M zu beiden Seiten der Linie MO mit zwei gleichen Aesten sich in's Unendliche ausbreitet. Diese krumme, von der Ellipse wesentlich verschiedene Linie heißt Parabel.

§. 62. (Hyperbeln.) Tritt nun die schneidende Linie MN noch weiter, oder auf die andere, untere Seite der fixen Linie MO, d. h. fällt MN zwischen die Schenkel OM und MD des Winkels OMD, so bleibt die durch den Schnitt entstehende Linie, wie man sieht, auf der dem Punkte M gegenüberstehenden Seite offen, indem sie da, wie zuvor bei der Parabel, in zwei gleiche und unendliche Aeste ausläuft. Allein sie ist demungeachtet sehr von der Parabel verschieden. — Verlängert man nämlich die Seiten BA und DA des Kegels über den Punkt A, und stellt man dadurch in der Zeichnung den oben erwähnten Doppelkegel her, so sieht man, daß die schneidende Linie MN, wenn sie in den Winkel OMD fällt, nicht nur den unteren, sondern daß sie auch den oberen Kegel trifft, daß also die Ebene des Schnitts in diesem Falle durch beide Kegel geht, was nicht geschehen kann, so lange die schneidende Linie MN in dem Winkel AMO oder über der fixen Linie MO liegt. Die hier entstehende krumme Linie besteht also aus zwei von einander abgesonderten, ähnlichen Theilen, welche ihre Scheitel einander zukehren, und von welchen jede auf der ihren Scheitel gegenüberstehenden Seite mit zwei gleichen Aesten in's Unendliche ausläuft. Diese krumme Linie mit vier unendlichen Aesten heißt Hyperbel.

So lange also die schneidende Linie MN über der fixen Linie MO

Digitized by Google

oder in dem Winkel AMO liegt, entstehen Ellipsen; fällt die schneidende Linie in die Linie MO, so entsteht die Parabel, und liegt endlich die schneidende Linie unter der Linie MO, oder in dem Winkel OMD, so entstehen Hyperbeln. Die Parabel ist demnach die Gränze, welche die Ellipsen von den Hyperbeln trennt, so wie auch der Kreis die Gränze von denjenigen Ellipsen ist, die über und unter ihm liegen, und deren Excentricität immer größer wird, je weiter sie sich von diesem Kreise, zu den beiden Seiten desselben, entfernen. Für jeden Punkt M des Kegels, wo der Schnitt anfangen soll, gibt es, wie man sieht, nur eine einzige Lage der schneidenden Ebene, die den Schnitt zur Parabel macht, so wie auch nur eine einzige andere Lage den Kreis erzeugt; für die Ellipse und die Hyperbel aber gibt es unendlich viele Lagen, und es ist genug, daß die schneidende Ebene nur überhaupt über oder unter dem parabolischen Schnitte liegt, um in dem ersten Falle eine Ellipse, und in dem zweiten eine Hyperbel zu erzeugen.

§. 63. (Anwendung auf die Bewegung der Planeten und Kometen.) Dieses vorausgesetzt, gehen wir nun wieder zu der Bewegung der Planeten um die Sonne zurück. Diese wird, nach dem Vorhergehenden, durch zwei Kräfte bewirkt. Die eine derselben ist die Kraft der Sonne, die sich verkehrt wie das Quadrat der Entfernung des Planeten von der Sonne verhält, und die daher, je nach der Verschiedenheit dieser Entfernungen, selbst als eine veränderliche Kraft betrachtet werden muß. Die andere aber ist der augenblickliche Impuls, der Stoß, den der Planet im Anfange seiner Bewegung, entweder unmittelbar durch die Hand der Allmacht, oder auch durch die Anziehung irgend eines ihm damals nahe stehenden Körpers erhalten hat. Die erste dieser beiden Kräfte würde, wenn sie allein da wäre, oder wenn der Planet seine Bewegung aus der Ruhe angefangen hätte, diesen Planeten in einer geraden Linie, und mit immer beschleunigter Geschwindigkeit zur Sonne geführt haben, weil die Richtung dieser Kraft immer gegen die Sonne zu geht. Die zweite Kraft würde, wenn sie allein da gewesen wäre, den Planeten zwar auch in einer geraden Linie, aber, vermöge des Gesetzes der Trägheit, mit einer immer gleichen Geschwindigkeit nach derjenigen Gegend des Himmels hingeführt haben, nach welcher jener ursprüngliche Stoß selbst gerichtet war. Beide Kräfte zusammen aber werden den Planeten in einer krummen Bahn um die Sonne führen. Durch jenen ersten Impuls hat er nämlich in dem ersten Augenblicke seiner Bewegung eine bestimmte Geschwindigkeit nach irgend einer Richtung, die nicht durch die Sonne geht, erhalten. Allein in demselben Augenblicke wird er auch von der Sonne angezogen, und er geht daher, weder in der Richtung jenes Impulses, noch in der Richtung dieser zur Sonne gekehrten Kraft, sondern er geht in der Diagonale des Parallelogramms (§. 56) einher, dessen Seiten die Größe und Richtung jener beiden Kräfte darstellen. Diese Diagonale ist also die Tangente seiner krummen Bahn während des ersten Augenblickes. Sey AB (Fig. 90) das Stück seiner Tangente, welches der Planet im ersten Augenblicke zurücklegt. Wenn am Ende desselben die Kraft der Sonne nicht weiter auf ihn wirkte, so würde er mit der nun erhaltenen Geschwindigkeit und Richtung seinen Weg in dieser Tangente weiter verfolgen, und den Weg Bc = AB zurücklegen. Allein die Sonne, die ihn auch während des zweiten Augenblickes wieder zu sich zu ziehen strebt, zwingt ihn, jene erste Tangente zu verlassen, und neuerdings in der Diagonale BC des Parallelogramms einherzugehen, dessen Seiten Bm und Bc die Größe und Richtung der Kraft der Sonne und derjenigen Kraft vorstellen, die am Ende des ersten Augenblickes auf den Planeten gewirkt

Digitized by Google

hat, und die selbst wieder eine Complication von der Kraft der Sonne, und von der des ersten Impulses ist. Diese Diagonale BC wird also der Weg des Planeten während des zweiten Augenblickes, oder sie wird wieder die Tangente seiner Bahn in dieser Zeit seyn. Eben so wird die Diagonale CD das Element der Tangente der Bahn während des dritten Augenblickes seyn u. s. w., und der ganze Weg des Planeten wird durch die gebrochene gerade Linie ABCD.. vorgestellt werden, die einer krummen Linie desto näher kömmt, je kleiner wir ihre Theile oder je kleiner wir die Zwischenzeiten annehmen, während welcher wir den Planeten in seinen nach einander folgenden Stellungen betrachten wollen. Man kann daher auch annehmen, daß der Planet in jedem Punkte B seiner Bahn von zwei veränderlichen Kräften getrieben wird, nämlich von der Centralkraft Bm der Sonne, nach welcher er in jedem Augenblicke sich in gerader Linie der Sonne zu nähern, und von der Tangentialkraft Bc, nach welcher er in demselben Augenblicke ebenfalls in gerader Richtung, nämlich in der Richtung der letzten Tangente AB seiner Bahn fortzugehen strebt. Wie viel aber die Krümmung seiner Bahn in dem ersten, und in jedem folgenden Augenblicke seiner Bewegung betragen soll, dieß hängt von dem Verhältnisse der Stärke des ersten Stoßes zu der Stärke der Anziehung der Sonne ab. Dieses Verhältniß wird daher auch bestimmen, ob die Bahn des Körpers eine Ellipse, Parabel oder eine Hyperbel ist, und ob z. B. diese Ellipse sehr stark oder nur wenig excentrisch seyn wird.

§. 64. (Nähere Bestimmung der anfänglichen Geschwindigkeit.) Man kann diese verschiedenen Fälle durch Rechnungen mit großer Genauigkeit angeben. Es ist jedoch hier nicht der Ort, die Gründe dieser Rechnungen anzuführen, aber die einfachen Resultate derselben dürfen nicht ganz übergangen werden. — Nimmt man der Kürze wegen an, daß der Planet in demjenigen Punkte seiner Bahn, wo er der Sonne am nächsten ist, also in seinem Perihelium (I. Kap. 9) entstanden ist, und nennt man a die Entfernung dieses Periheliums von dem Mittelpunkte der Sonne, in Theilen der halben großen Axe der Erdbahn ausgedrückt, so sey b gleich der Zahl 5.804, dividirt durch die Quadratwurzel von a. Dieses vorausgesetzt, darf man nur die Größe jenes ersten Impulses, d. h. die Geschwindigkeit des Planeten oder den Weg, in deutschen Meilen ausgedrückt, kennen, den er in seiner Sonnennähe während einer Secunde zurücklegt, um daraus sogleich zu entscheiden, welchen der oben angeführten Kegelschnitte der Planet um die Sonne beschreiben muß.

Ist nämlich die anfängliche Geschwindigkeit des Planeten, in Meilen ausgedrückt, kleiner als die vorhergehende Zahl b, so ist die Bahn des Planeten eine Ellipse; ist sie eben so groß, als b, so ist die Bahn eine Parabel, und ist sie endlich größer als b, so ist die Bahn eine Hyperbel.

So lange also die anfängliche Geschwindigkeit zwischen Null und der Größe b liegt, entstehen immer Ellipsen, aber diese Ellipsen sind anfangs, bei einer sehr kleinen Geschwindigkeit, sehr länglich oder excentrisch. Wie diese Geschwindigkeit zunimmt, nimmt die Excentricität der Ellipsen ab, bis sie endlich, wenn diese Geschwindigkeit nahe drei Viertheile von b beträgt, ganz verschwindet, und die Bahn ein vollkommener Kreis wird. Wenn von diesem Punkte an die Geschwindigkeit noch weiter wächst, so nimmt auch die Excentricität der nun entstehenden Ellipsen immer mehr zu, bis sie endlich, wenn die Geschwindigkeit genau gleich b wird, in die Parabel, und bei einer noch größeren Geschwindigkeit in Hyperbeln übergehen. Man sieht, daß auch hier, bei der eigentlich astronomischen

Digitized by Google

Betrachtung der Kegelschnitte, wie dort bei der geometrischen, die Parabel als die Gränze zwischen den Ellipsen und Hyperbeln erscheint, und daß eben so der Kreis den Uebergang von der einen Gattung von Ellipsen zu der andern bildet.

§. 65. (Anwendung des Vorhergehenden auf die Bahn der Erde.) Diese Bestimmung der Planetenbahnen setzt also die Kenntniß der ursprünglichen Geschwindigkeit derselben voraus. Allein woher sollen wir diese nehmen? Diese Körper des Himmels sind wahrscheinlich vor Millionen von Jahren zu einer Zeit entstanden, wo das ganze Menschengeschlecht noch nicht existirte. In welchem Archive sollen wir dann die Nachrichten aus jenen Zeiten suchen? — Wir werden unten sehen, daß die Bewegungen der Planeten, wie sie uns von den ältesten Beobachtern überliefert worden sind, auf das Genaueste mit denen übereinkommen, die wir selbst in unseren Tagen beobachten, und daß man sehr gute Gründe hat, die Unveränderlichkeit dieser Bewegungen selbst noch für viel größere Zeiträume mit Sicherheit vorauszusetzen. Wir dürfen daher nur jetzt die Geschwindigkeit eines dieser Himmelskörper zur Zeit, wo er der Sonne am nächsten ist, beobachten, um versichert zu seyn, das er viele Jahrtausende durch, so oft er diesen Punkt seiner Bahn erreicht, auch immer wieder dieselbe Geschwindigkeit, so wie denselben Abstand von der Sonne haben werde.

Unsere Erde z. B., um das Vorhergehende sogleich auf sie anzuwenden, ist in ihrem Perihelium um den 0.9832sten Theil der halben großen Axe ihrer elliptischen Bahn von dem Mittelpunkte der Sonne entfernt, und sie hat in diesem Punkte ihres Weges eine Geschwindigkeit, mit welcher sie in einer Secunde 4.28 deutsche Meilen zurücklegt. Für diesen Fall ist also die Größe a gleich 0.9832, und daher die Größe b gleich 5.85 Meilen. Wäre also die Geschwindigkeit der Erde, zur Zeit ihrer Entstehung in der Sonnennähe, gleich 5.85 Meilen, so würde die Bahn der Erde eine Parabel seyn. Wäre diese Geschwindigkeit aber größer gewesen, als 5.85 Meilen, so würde sich die Erde in einer Hyperbel um die Sonne bewegt haben. In diesen beiden Fällen würde sich also unsere Erde, in den unendlichen Aesten dieser krummen Linien, immer mehr von der Sonne entfernt haben, ohne je wieder zu ihr zurückkehren zu können. Es ist mehr als wahrscheinlich, daß mehrere unserer Kometen in der That in solchen Bahnen einhergehen. Welche Veränderungen, welche Schicksale würden aber die Erde mit ihren Bewohnern getroffen haben, wenn sie im Augenblicke ihrer Entstehung von diesem Falle, dem sie, wie man sieht, nahe genug gestanden ist, getroffen worden wäre? Ihre anfängliche Geschwindigkeit war 4.28 Meilen, nur $1'/_{0}$ Meilen kleiner als jene, die ihr so verderblich hätte werden können. Und eben weil sie kleiner als 5.85 war, wurde die Bahn der Erde eine Ellipse. Wäre diese Geschwindigkeit nur ein Drei-Viertheil von 5.85, oder wäre sie 4.39 Meilen gewesen, so würde die Erdbahn ein vollkommener Kreis geworden seyn. Die wahre Geschwindigkeit derselben beträgt aber nur 4.28 Meilen, ist also nahe ein Zehntheil kleiner noch, als die Kreisgeschwindigkeit, daher unsere Ellipse zu denen gehört, die (in Fig. 91) über dem Kreise, gegen den Scheitel A des Kegels hin liegen. Auch liegt sie viel näher bei dem Kreise, als bei diesem Scheitel, daher auch ihre Excentricität sehr klein ist, oder ihre Bahn der eines Kreises sehr nahe kömmt, was alles mit unseren Beobachtungen vollkommen übereinstimmt.

Anders verhält es sich schon mit Merkur, diesem der Sonne nächsten Planeten, dessen Excentricität sehr groß ist; für ihn ist die Größe a

Digitized by Google

gleich 9.64 Meilen. Eine solche Geschwindigkeit würde seine Bahn zu einer Parabel, und eine noch größere zu einer Hyperbel gemacht haben. Allein seine beobachtete Geschwindigkeit im Perihel ist 8.34, also 1.8 Meile kleiner als jene, und im Gegentheile 1.7 Meile größer als die Kreisgeschwindigkeit, daher die Bahn Merkurs wohl noch eine Ellipse, aber eine von dem Kreise schon sehr entfernte, oder eine sehr excentrische Ellipse ist. Für Uranus hat man die beobachtete Geschwindigkeit im Perihel gleich 1.02 Meilen, während die für den Kreis 0.97, und die für die Parabel 1.37 Meilen betragen würde.

§. 66. (Wahrscheinlichkeit der Ellipse.) Man sieht, daß unter allen möglichen unzähligen Geschwindigkeiten, die ein Körper erhalten kann, nur eine *einzige* den Kreis, und ebenfalls nur eine *einzige* die Parabel hervorbringt, während es im Gegentheile *unendlich viele* gibt, welche die Bahn zu einer Ellipse oder zu einer Hyperbel machen. Daraus folgt die äußerst geringe Wahrscheinlichkeit, daß ein Körper unseres Sonnensystems sich in einem Kreise oder in einer Parabel bewege, wo hingegen bei weitem die meisten Bahnen derselben entweder Ellipsen oder Hyperbeln seyn werden. Selbst unter diesen beiden letzten Kegelschnitten wird wieder die Ellipse sehr viel wahrscheinlicher seyn, als die Hyperbel, aus dem Grunde, weil für die Ellipse schon die geringste Geschwindigkeit, schon die leiseste Anziehung irgend eines andern Himmelskörpers hinreicht, während im Gegentheile für die Hyperbeln durchaus nur solche Geschwindigkeiten erfordert werden, die eine bestimmte Größe übersteigen. In der That haben wir auch bisher in der Natur noch kein Beispiel von einem Planeten oder Kometen gefunden, dessen Bahn genau kreisförmig oder parabolisch wäre. Dasselbe gilt sehr nahe auch von den hyperbolischen Bahnen, in welchen man bisher bloß zwei Kometen, den von 1771 und von 1824 einhergehen lassen wollte. Allein die Beobachtungen dieser beiden Kometen lassen immer noch einige Zweifel über die Gestalt ihrer Bahnen übrig, und es ist nahe eben so wahrscheinlich, daß dieselben nur sehr excentrische Ellipsen sind.

Wir werden also annehmen können, daß die im verkehrten Verhältnisse ihrer Entfernung wirkende Kraft der Sonne, verbunden mit der Kraft eines Impulses, welchen der Planet im Augenblicke seiner Entstehung erhalten hat, diesen Planeten im Allgemeinen in einer Ellipse um die Sonne führt, in welcher die letzte einen der beiden Brennpunkte dieser Ellipse einnimmt. Da sich nun der Planet, wenn er von seinem Aphelium ausgeht, in der ersten Hälfte seiner Bahn der Sonne nähert, in der darauf folgenden zweiten Hälfte aber wieder von ihr entfernt, so hört man von den mit dem Gegenstande weniger bekannten Lesern öfter den Zweifel aufwerfen, wie es möglich sey, daß die Kraft der Sonne, die doch den Planeten in allen Punkten seiner Bahn *anziehen* soll, ihn auch zuweilen von sich *entfernen* können? — Eine geringe Ueberlegung wird aber bald die Antwort auf diese Frage finden. Wenn ein Planet von seiner Sonnennähe ausgeht, so steht die Richtung seiner Bewegung, die immer durch die Tangente seiner Bahn angedeutet wird, senkrecht auf seinen Radius oder auf die Linie, welche ihn mit der Sonne verbindet. Da er hier der Sonne am nächsten ist, so wird er auch am stärksten von ihr angezogen. Da aber auch seine Geschwindigkeit in der Tangente hier die größte ist, und da, wie die Rechnung zeigt, dieses Fortschreiten in der Tangente während einer bestimmten Zeit viel beträchtlicher ist, als die Annäherung zur Sonne in derselben Zeit, so ist hier, im Perihelium, die Tangentialkraft die überwiegende, und der Planet muß sich von der Sonne entfernen. Während er nun in dieser ersten

Digitized by Google

Hälfte seiner Bahn einhergeht, sucht ihn die Kraft der Sonne immerwährend an sich zu ziehen, und seiner jetzt statthabenden von der Sonne abgewendeten Bewegung entgegen zu wirken. Dadurch vermindert sich allmählig die Tangentialgeschwindigkeit des Planeten so lange, bis er endlich in seinem Aphelium ankömmt. In diesem Punkte ist seine Tangentialkraft am kleinsten, so wie auch die Attraction der Sonne, wegen der sich bisher immer vergrößernden Entfernung des Planeten, am schwächsten geworden ist. Allein demungeachtet ist die letzte Kraft in diesem Punkte der Bahn noch beträchtlich größer, als die Tangentialkraft, oder mit anderen Worten, die Centralkraft überwiegt, und der Planet muß sich daher in der zweiten Hälfte seiner Bahn der Sonne wieder nähern, bis er im Perihelium ankömmt, um von da ganz auf dieselbe Weise eine zweite Revolution um die Sonne zu wiederholen.

Kapitel V.

Störungen der Planeten überhaupt.

§. 67. (Allgemeine Uebersicht dieser Störungen.) Wenn bloß die Erde nebst der Sonne in unserem Planetensysteme da wäre, so würde es ein Leichtes seyn, die Bahn der Erde nach allen ihren Beziehungen auf das Genaueste zu bestimmen. Diese Bahn würde nämlich, nach dem vorhergehenden Kapitel, eine Ellipse seyn, und schon wenige gute Beobachtungen würden hinreichen, die Lage, Größe und Gestalt dieser Ellipse kennen zu lernen.

Allein nebst dieser Erde bewegen sich noch mehrere Planeten, und vielleicht unzählige Kometen um die Sonne, und da diese Körper, wie überhaupt alle, die Eigenschaft haben, alle andern Körper nach dem oben (§. 26 und §. 43) angegebenen allgemeinen Gesetze anzuziehen, so wird dadurch die Ellipse, welche jeder dieser Körper, wenn er allein da wäre, um die Sonne beschreiben würde, auf das Mannigfaltigste abgeändert. Während z. B. Jupiter durch die Kraft der Sonne in seiner großen elliptischen Bahn um dieses Gestirn geführt wird, suchen ihn auch alle übrigen, besonders die ihm näher stehenden Planeten, Saturn und Mars, durch ähnliche Kräfte immerwährend aus dieser Bahn heraus zu ziehen. Nach der verschiedenen Lage und Entfernung der ihn umgebenden Planeten wird er von denselben bald zur Sonne hin, bald von ihr weggezogen; dieser bewegt ihn auf seinem Wege vor, und jener zurück; dieser erhebt ihn über, und jener zieht ihn unter seine ursprüngliche Bahn. Auf diese Weise ist dieser Planet, und dasselbe gilt auch von allen übrigen, weit entfernt, eine reine Ellipse um die Sonne zu beschreiben, sondern seine Bahn ist vielmehr eine äußerst zusammengesetzte, eine jeden

Digitized by Google

Augenblick veränderliche krumme Linie, deren nähere Bestimmung alle Kräfte unserer Analyse übersteigt und so gut als ganz unmöglich ist. Dazu kömmt noch, daß die Ekliptik, auf die wir in unseren Rechnungen alle Orte der Planeten beziehen, durch eine ähnliche Wirkung aller Planeten auf die Erde, selbst wieder jeden Augenblick eine andere Lage einnimmt. Durch diese Aenderungen, so wie durch die bereits oben (I. Kap. 12) betrachteten Veränderungen der Präcession und Nutation, wird gleichsam die ganze Sphäre des Himmels erschüttert, der Anfangspunkt, von dem wir alle Orte der Gestirne zählen, verrückt, und aus dem letzten dieser Gestirne das erste, aus dem ersten das letzte gemacht, so daß an dem Himmel, an welchem wir früher nur Ordnung und Harmonie zu bewundern pflegten, jetzt alles Unordnung und Verwirrung wird, und daß von der großen Karte, die wir uns von demselben entworfen haben, am Ende auch nicht ein einziger Punkt in Ruhe bleibt, durch welchen wir diese nach allen Richtungen unter einander verschlungene Bewegungen fesseln können. Um so weniger vermögen wir dieses verworrene Chaos zu übersehen, da wir dasselbe nicht einmal von einem festen Standpunkte, sondern wieder von einer jährlich um die Sonne, und täglich um sich selbst sich wälzende Kugel beobachten müssen, die überdieß selbst wieder von allen Planeten hin und wieder gezogen, und um die Verwirrung zu vollenden, noch mit einer Hülle umgeben ist, welche, die Quelle unzähliger Täuschungen, uns kein einziges dieser Gestirne an dem Orte erblicken läßt, welches dasselbe in der That am Himmel einnimmt.

§. 68. (Schwierigkeit der Bestimmung derselben.) Aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, erscheint uns die Bestimmung eines einzigen Ortes am Himmel, und überhaupt die ganze Astronomie alle menschlichen Kräfte weit zu übersteigen. In der That, wenn man bedenkt, wie viele Jahrtausende erfordert wurden, bis der menschliche Geist nur die größte und auffallendste und ihm zunächst liegende von allen diesen Erscheinungen, die Existenz der doppelten Bewegung seiner Erde, erkennen lernte, so muß man an der Auflösung dieses höchst verwickelten Problems selbst für alle Folgezeit beinahe verzagen. Dieses Problem besteht nämlich, um es kurz zu sagen, im Folgenden: Wenn die Geschwindigkeiten und die Richtungen dieser Geschwindigkeiten von nahe dreißig Himmelskörpern gegeben sind, deren jeder alle anderen anzieht und von allen anderen angezogen wird, so soll man durch Rechnung den Ort und die Geschwindigkeit eines jeden dieser Körper für jeden Augenblick irgend eines verflossenen oder noch kommenden Jahrhunderts bestimmen. Die Stellungen dieser Körper unter einander ändern sich immerwährend, und mit jeder neuen Stellung wird auch eine neue Wirkung derselben auf einander erzeugt, und jede Veränderung dieser wirkenden Kraft bringt wieder eine neue Stellung dieser Körper gegen einander und gegen die Sonne hervor. Es war daher ein kühnes, ein beinahe verwegenes Unternehmen des menschlichen Geistes, sich an die Auflösung einer solchen Aufgabe zu machen.

Und doch hat man es gewagt, und glücklich gewagt. Dieß wird auch der mit den Mitteln, die zu diesem Zwecke führen, ganz Unbekannte willig zugeben, da jeder gemeine Kalender unwiderlegliche Beweise für diese Behauptung liefert. Die Astronomen berechnen in diesen Volksbüchern die Finsternisse der Sonne und des Mondes auf Secunden voraus, und Jedermann weiß aus eigener Erfahrung, wie genau sie zutreffen. Sie haben Jahrhunderte vorher den Augenblick berechnet, wenn auf einer bestimmten Stelle in Lappland oder auf der Insel Otaheiti die Venus vor der Sonne erscheinen wird. Voll Vertrauen in ihre Voraus-

Digitized by Google

sagungen hat man Schiffe ausgerüstet, um diese Erscheinung an diesen und noch an vielen andern Orten der Erde zu beobachten, und das Vertrauen wurde nicht getäuscht. (II. §. 67.) Kurz, die Sache steht jetzt so, daß jeder wahre Astronom um jeden Preis eine sichere Wette eingehen kann, daß Jupiter oder irgend ein anderes Gestirns des Himmels, nach einer bestimmten Anzahl von Jahren, zu einer gegebenen Secunde, unter dem Spinnfaden seines heute gestellten Fernrohrs erscheinen wird. Wer die Präcision der heutigen astronomischen Tafeln kennt, wird diese Angabe nicht übertrieben finden. — Allein wenn dieß so ist, — und wie gesagt, Niemand, der diese Wissenschaft näher kennt, kann daran zweifeln, — so muß auch das oben erwähnte große Problem aufgelöst seyn, da ohne dasselbe diese Leistungen offenbar unmöglich wären.

§. 69. (Durch welche Mittel die Berechnung dieser Störungen erleichtert wird.) Und durch welche Mittel, durch welche Kunstgriffe ist es uns möglich geworden, diese Aufgabe, die größte und höchste, die wohl je dem menschlichen Geiste gegeben worden ist, aufzulösen? — Die Leser werden nicht erwarten, daß ich sie in das Labyrinth der mathematischen Berechnungen einführe, in welchem sie dem leitenden Faden der Ariadne wohl nur mit Widerstreben folgen würden. Wir wollen uns daher begnügen, nur einige von den Umständen anzugeben, durch welche uns, diese unter anderen Verhältnissen allerdings unübersteiglichen Hindernisse zu besiegen, möglich geworden ist.

§. 70. (I. Große Entfernung der Planeten von uns.) Zuerst wollen wir bemerken, daß die ungemeine Präcision, mit welcher die Astronomen die Lage der Gestirne angeben, oft nur scheinbar ist, und daß sie uns in den meisten Fällen sehr ungenau erscheinen würden, wenn wir sie, mit dem Maßstabe in der Hand, an Ort und Stelle nachmessen könnten. Sie werden dieses selbst ohne Zweifel willig zugeben, wenn wir dafür, der Wahrheit zur Steuer, eben so willig zugestehen, daß sie dessen ungeachtet mit den größten Schwierigkeiten siegreich gekämpft, daß sie ihre Wissenschaft zu dem Stolze des menschlichen Geistes erheben, und dieselbe viel weiter gebracht haben, als man von irgend einer andern rühmen kann. — Sie können den Ort eines jeden Planeten, auf Jahrhunderte voraus, bis auf die Genauigkeit der Dicke eines Haares am Himmel bestimmen. Das scheint allerdings eine sehr große, und ist auch in der That, wenn man die dabei zu überwindenden Schwierigkeiten bedenkt, eine bewunderungswürdige Genauigkeit. Aber diese Dicke eines Haares, vor unser Auge gehalten, bis es am reinsten erscheint, wie viel bedeckt es wohl an der Sphäre des Himmels? — Das feinste derselben wenigstens zehn Secunden. Und diese zehn Secunden, wie viel betragen sie z. B. von dem Umkreise der Uranusbahn? — Wenigstens achtzehntausend Meilen oder mehr als zehnmal den Durchmesser unserer ganzen Erde. Bei dem uns nächsten Fixstern, wenn er in der That (I. §. 70) vier Billionen Meilen von uns absteht, würden diese zehn Secunden volle zweihundert Millionen Meilen betragen. Solche Dinge nennen sie eine Kleinigkeit, und gewissermaßen mit Recht, denn ein Fehler von zehn Secunden in der Peripherie eines Kreises beträgt doch erst den 129600sten Theil des Ganzen. Wie viele Dinge sind aber, selbst unter denen, die uns hier unten zunächst umgeben, deren Durchmesser oder deren Umfang wir bis auf den hunderttausendsten Theil ihrer Größe kennen? — Dessenungeachtet bleibt es wahr, daß diese Größen an sich selbst sehr bedeutend sind, so gering sie uns auch in jenen großen Entfernungen erscheinen. Und wohl uns, daß sie uns so erscheinen. Denn wenn wir dieses Gewirre von zahllosen Himmelskörpern, gleichsam in einem viele Millionenmal

Digitized by Google

verkleinerten Modelle, ganz nahe vor unsern Augen hätten, und wenn wir jede kleine Abweichung der so wunderbar unter einander verschlungenen Bewegungen mit unsern stärksten Mikroscopen noch vergrößert sehen könnten, so würde es wahrscheinlich keinem von uns einfallen, die Gesetze aufzusuchen, nach welchen alle diese Erscheinungen vor sich gehen. Dort oben aber, in jenen ungemessenen Räumen, zeigen sich die Veränderungen, welche mit den Himmelskörpern vorgehen, für uns nur in ihren großen, gleichsam in ihren rohen Zügen, daher es uns noch möglich wird, die Hauptmomente derselben rein aufzufassen, ohne uns von dem Detail dieser Erscheinungen beirren oder übertäuben zu lassen. In dieser Beziehung also ist das Problem, die wahre Bahn eines Planeten unseres Sonnensystems zu bestimmen, so schwer es auch an sich seyn mag, doch immer noch unendlich leichter, als die Bahn eines der Millionen Sonnenstäubchen zu berechnen, die uns in unserer nächsten Nähe umgeben. Aus dieser Ursache sind wir auch in der Physik, so weit sich diese Wissenschaft nur mit den Körpern der Erde, die wir unmittelbar vor unsern Augen haben, beschäftiget, viel mehr zurück, als in der Astronomie, die es nur mit sehr entfernten Gegenständen zu thun hat. Gar vieles läßt sich nur gut erkennen, wenn es aus einer gewissen Ferne gesehen wird, und das Detail versteckt nur zu oft die großen Züge des Ganzen. Wenn man mehreren Personen ein großes Frescogemälde vorlegte, und sie dasselbe nur theilweise durch ein starkes Mikroscop besähen, so würde jeder eine andere Idee davon erhalten, und der eine würde es für ein Haus, der zweite für einen Baum, und ein anderer wohl gar für ein Portrait ansehen. Die Bewohner des Mondes, die fünfzig tausend Meilen von uns entfernt sind, und eben dadurch die ganze Erde im Großen übersehen, kannten gewiß Amerika und Neuholland lange vorher, ehe sie von uns, die wir doch die Erde so nahe haben, entdeckt wurden, und daß die Erde eine Kugel ist, die sich täglich um sich selbst dreht, werden sie lange vorher, ehe Copernicus es finden konnte, schon auf den ersten Blick gesehen haben.

Allein dieß ist nicht die einzige Ursache, durch welche uns die Auflösung jenes großen Problems möglich geworden ist. Es gibt vielmehr noch mehrere besondere Eigenthümlichkeiten unseres Sonnensystems, die uns jene Auflösung ungemein erleichtern, und es scheint beinahe, als hätte die gegen uns auch sonst so gütige Natur diese Einrichtungen absichtlich getroffen, um den schwachen Kräften der Menschen nachzuhelfen, und den Besseren von ihnen die Freude von ihnen machen, wenigstens einige von ihren Geheimnissen zu enthüllen.

§. 71. (II. Große Masse der Sonne gegen die der Planeten.) Alle die Ungleichheiten der Bewegung, welche durch die Anziehung der Planeten unter sich entstehen, sind doch immer nur sehr klein gegen die eigentlich elliptische Bewegung derselben, welche letzte bloß von der Anziehung der Sonne kömmt, und von welcher jene ersten nur gleichsam als geringe Unregelmäßigkeiten zu betrachten sind, die man daher auch die Störungen oder die Perturbationen der elliptischen Bewegung zu nennen pflegt. Wir haben oben (§. 43) gesehen, daß alle himmlische Körper sich im geraden Verhältnisse ihrer Masse, und im verkehrten des Quadrates ihrer Entfernung anziehen. Wenn nun z. B. Jupiter zu einer Zeit von der Sonne eben so weit als Saturn entfernt ist, so würde er, wenn die Masse Saturns eben so groß wäre, als die der Sonne, von diesen beiden Körpern gleich stark angezogen werden, und die Folge davon würde eine sehr große Störung, eine totale Umänderung seiner Bewegung und seiner Bahn selbst seyn. Allein die Masse Saturns ist noch nicht

Digitized by Google

einmal der dreitausendste Theil von jener der Sonne, und in eben diesem Verhältnisse steht also auch die Anziehung, welche er und die Sonne auf Jupiter ausüben, wenn beide gleich weit von diesem Planeten entfernt sind. Ja selbst die Massen aller Planeten unseres Systems zusammen genommen, betragen noch nicht den achthundertsten Theil der Sonnenmasse, und sie können daher, auch wenn sie alle in einem einzigen Punkte vereiniget wären, die Hauptwirkung, welche jede derselben von der Sonne erhält, nur unbedeutend abändern. Durch diese Einrichtung hat unser Planetenstaat eine streng monarchische Gestalt erhalten, in welcher die Gestalt des Regenten über die eines jeden, auch des mächtigsten Unterthanen, viel zu weit vorherrscht, und in welcher jede Unordnung, jeder kleine Ungehorsam sofort wieder unter die Herrschaft des großen Gesetzes zurückgebracht wird, das unmittelbar von dem Monarchen selbst ausgeht, der die legislative und executive Gewalt in sich vereinigt, und mit Fug und Recht, weil er an Masse, die dort die Stelle der Geisteskraft vertritt, die Kraft aller seiner Unterthanen über achthundertmal übertrifft. Diese Einrichtung unseres Planetensystems scheint ein charakteristisches Kennzeichen, nicht bloß im Ganzen, sondern auch in den einzelnen Theilen desselben zu seyn. In der That ist die Ungleichheit der Stände in diesem Staate über uns so auffallend, daß wir hier unten, so bunt es auch zuweilen zugehen mag, kaum etwas ähnliches aufzuweisen haben werden, und doch bemerkt man in demselben seit Jahrtausenden keine bedeutende Unordnung, indem auch die mächtigsten Unterthanen denselben Gehorsam gegen ihren gemeinschaftlichen Herrscher äußern, den sie aber auch wieder mit derselben Strenge von ihren Untergebenen fordern, und mit demselben Rechte, kann man hinzusetzen, da auch sie wieder an innerer Kraft ihre Unterthanen oft eben so weit übertreffen, als sie selbst alle zusammen von dem Autokraten des ganzen, großen Reiches übertroffen werden. Unsere Erde bildet mit ihrem Monde einen solchen kleinen Staat im Staate, sie führt ihn auf ihrer weiten Reise um die Sonne als ihren Diener in schweigendem Gehorsam mit sich, aber ihre Masse übertrifft auch die ihres Begleiters mehr als siebenzigmal. Jupiter wird auf seiner noch viel größeren Bahn von vier solcher Diener begleitet, die aber alle zusammen noch nicht den zehntausendsten Theil der Masse ihres Herrn besitzen. Auf eine ähnliche Weise verhält sich Uranus zu seinen sechs, und Saturn zu seinen sieben Satelliten, obschon wieder mehrere derselben selbst manchen Hauptplaneten, wie z. B. Merkur, an Masse übertreffen. Auf diese Weise werden also jene Monde gezwungen, die Oberherrschaft ihrer Hauptplaneten, und diese wieder, die alles überwiegende Macht der Sonne anzuerkennen.

§. 72. (III. Kleine Excentricitäten und Neigungen der Planetenbahnen.) Aber dieser günstige Umstand würde doch noch nicht hinreichen, die hier gehörenden Rechnungen ausführbar zu machen, wenn sich nicht noch mehrere andere zu demselben Zwecke vereinigten. Wenn z. B. alle Planetenbahnen vollkommene Kreise wären, so würde weder die große Axe, noch die Excentricität derselben irgend eine Störung erleiden. Wenn aber, wie dieß in der That der Fall ist, diese Bahnen Ellipsen sind, so sieht man leicht, daß die Störungen der Planeten, welche in solchen Bahnen einhergehen, im Allgemeinen desto größer seyn werden, je mehr diese Ellipsen von Kreisen abweichen, oder je größer ihre Excentricitäten sind. Wenn z. B. die Bahn Jupiters, des größten aller Planeten, eine Excentricität gleich der Hälfte ihrer großen Halbaxe hätte, so würden dadurch nicht nur diese Bahn selbst, sondern auch die ihr nahe liegenden der andern Planeten sehr große Störungen erleiden, die am Ende eine

Digitized by Google

Umänderung unseres ganzen Sonnensystems hervorbringen könnten. Allein die Jupitersbahn ist weit entfernt, eine für das Ganze so verderbliche Gestalt zu haben, da ihre Excentricität noch nicht der fünfhundertste Theil ihrer Halbaxe ist. Selbst die Merkursbahn, die unter den Bahnen der älteren Planeten am meisten abgeplattet ist, hat eine Excentricität, die nur den fünften Theil ihrer Halbaxe beträgt, und nahe dasselbe bemerkt man auch bei den beiden neuen Planeten Pallas und Juno. Diese drei Planeten sind überdieß alle sehr klein, und der erste ist noch der Sonne so nahe, daß sich von ihm keine bedeutende Störungen befürchten lassen.

Eben so ist es mit den Neigungen der Bahnen gegen die Ecliptik. Wenn alle diese Bahnen genau in der Ecliptik lägen, so würden sie unter sich selbst die Lagen dieser Bahnen offenbar gar nicht, also auch im Gegentheile desto mehr verrücken, unter je größeren Winkeln sie gegen einander geneigt wären. Allein auch dieser Fall hat in unserem Planetensysteme nicht statt, wo alle ältere Planetenbahnen höchstens einen Winkel von drei Graden unter einander bilden, wieder Merkur und die neueren Planeten ausgenommen, von welchen der erste eine Neigung von sieben, und Pallas sogar eine von fünfunddreißig Graden hat, die aber dessenungeachtet, aus der bereits angegebenen Ursache, keinen schädlichen Einfluß auf die übrigen Planeten äußern können.

§. 73. (IV. Große Entfernungen der Planeten unter einander.) Endlich sind auch die Räume, welche die Planeten von einander trennen, so ungemein groß gegen diese Körper selbst, daß die Anziehung, welche sie gegen einander ausüben, schon aus diesem Grunde allein nicht anders als sehr gering seyn kann. Die so weit präponderirende Masse der Sonne, die kleinen Excentricitäten und Neigungen der Planetenbahnen, und die großen Distanzen, in welchen diese Körper sich bewegen, alle diese Umstände sind also eben so viele Ursachen, warum die Störungen, welche die Planeten von einander leiden, an sich selbst immer nur sehr gering sind, und uns überdieß, wegen ihrer großen Entfernungen von uns, noch geringer erscheinen. Durch diese günstigen Verhältnisse ist es uns also möglich geworden, die Auflösung jenes großen Problems, der Bestimmung dieser Störungen durch unmittelbare Berechnung, zu finden, aber, wie man schon aus diesen Hülfsmitteln selbst sieht, nicht die strenge, allgemeine, sondern nur eine *genäherte* Auflösung des Problemes, aber doch auch wieder so weit genähert, als es nur immer von dem gegenwärtigen Zustande der Analysis und der Beobachtungskunst selbst gefordert werden kann. Da es nämlich, auch selbst unter dieser günstigen Verhältnissen, noch immer unmöglich wäre, die wahren Werthe dieser Störungen in sogenannten geschlossenen analytischen Ausdrücken anzugeben, so hat man dieselben, was viel leichter ist, und in allen Fällen angeht, in unendliche Reihen entwickelt, welche nach den natürlichen Potenzen der störenden Massen, der Excentricitäten und Neigungen fortschreiten. Da aber diese drei Größen, wie so eben gezeigt worden ist, sehr klein sind, so werden auch die Glieder dieser Reihen immer kleiner, je weiter man in ihnen fortgeht, und man kann sich in den meisten Fällen, ohne einen merkbaren Fehler, mit dem ersten, oder doch mit den beiden ersten dieser Glieder begnügen.

Bemerken wir noch den hier sehr wesentlichen Umstand, daß die Planeten alle sehr nahe die Gestalt einer *Kugel* haben, und daß das Newton'sche Gesetz die ihm ausschließend zukommende Eigenschaft hat, daß jede Kugel alle außer ihr befindliche Körper genau so anzieht, als ob die ganze Masse dieser Kugel in ihrem Mittelpunkte vereiniget wäre.

Digitized by Google

Dadurch wird die Berechnung der gegenseitigen Störungen der Planeten auf die von einzelnen Punkten zurückgeführt, da man sonst auch auf die Gestalt derselben Rücksicht nehmen müßte, wodurch die Auflösung unseres Problems, selbst unter allen den oben erwähnten Erleichterungen, für unsere Kräfte neuerdings völlig unmöglich geworden wäre.

§. 74. (V. Abgesonderte Betrachtung dieser Störungen.) Ja selbst unter dieser Gestalt noch würden die Berechnungen der Störungen, die jeder Planet von allen übrigen erleidet, sehr schwer, und selbst für den geübtesten und geduldigsten Rechner beinahe unausführbar seyn, wenn man in der That alle diese Störungen auf einmal bestimmen sollte. Um z. B. die Perturbationen, welche die Erde von den übrigen Planeten in jedem Augenblicke erleidet, zu bestimmen, sollte man, wenn man nach aller Strenge verfahren wollte, zuerst die Störungen kennen, welche jeder dieser die Erde störenden Planeten wieder von allen übrigen, die Erde selbst mit eingeschlossen, in diesem Augenblicke erfährt. Allein da, wie gesagt, diese Störungen alle nur gering sind, so kann man sich, ohne Nachtheil zu befürchten, erlauben, nur diejenigen Perturbationen zu bestimmen, welche jeder einzelne Planet von jedem anderen einzelnen Planeten unseres Sonnensystems unter der Voraussetzung erleidet, daß dieser andere Planet selbst nicht weiter in seiner Bahn gestört werde, sondern bloß in seiner reinen elliptischen Bewegung um die Sonne gehe. Auf diese Weise ist unser Problem eigentlich dahin gebracht, daß man nur immer drei Körper auf einmal betrachtet, nämlich die Sonne, den störenden, und den von ihm gestörten Planeten, und so ist das berühmte Problem der drei Körper entstanden, das größte und schwerste, das vielleicht je der menschliche Geist sich aufgegeben hat, und dessen bloß genäherte Auflösung seit Newton, der es zuerst aufgestellt und wenigstens in seinen vorzüglichsten Theilen gelöst hat, von den vorzüglichsten Geometern und Astronomen, D'Alembert, Euler, Laplace, Lagrange u. a. gesucht und erst in unsern Tagen zu einem Grade der Vollkommenheit ausgebildet wurde, die wohl nur wenig mehr zu wünschen übrig läßt.

§. 75. (Ueber Wahrheit und Annäherung zu derselben.) Wenn es aber den Astronomen, aller ihrer Anstrengungen ungeachtet, bisher doch nur gelungen ist, von dieser wichtigsten Aufgabe ihrer Wissenschaft bloß eine genäherte Auflösung zu geben — muß man da nicht besorgen, daß diese Wissenschaft, die man doch so oft die Königin aller andern nennen hört, noch sehr unvollkommen und noch weit von der Vollendung entfernt ist, die sie allein zu der Annahme einer solchen Benennung berechtigen könnte? — Es ist möglich, daß die mathematische Analyse, wenn sie gleich den menschlichen Geist auf jene hohe Stufe der Erkenntniß gestellt hat, die irdische Wesen unserer Art überhaupt noch einnehmen können, — es ist möglich, daß auch sie am Ende nichts als Stückwerk und ein höchst unvollkommenes Spielzeug, eine bemitleidenswerthe Krücke ist, mit welcher wir uns auf unserem Wege zur Wahrheit mühsam genug fortschleppen, und auf die vielleicht ein höherer Geist, der dieser Hülfsmittel nicht bedarf, nur mit Lächeln herabsieht. Aber dieses Mittel, so unvollkommen es auch an sich selbst seyn mag, hat uns doch dahin gebracht, die Bewegungen der Planeten mit derjenen Genauigkeit zu berechnen, mit welcher wir sie durch unsere vollkommensten Instrumente beobachten können; es hat diese Rechnungen mit den Beobachtungen in eine Uebereinstimmung, in eine Harmonie gebracht, deren sich keine andere Wissenschaft erfreut; es hat uns endlich alle Erscheinungen des Himmels, so verwickelt sie auch seyn mögen, nicht nur die unserer Tage, die wir selbst beobachten können, sondern auch die

Digitized by Google

der längst verflossenen Jahrhunderte in ihren ersten Ursachen entschleiert, und es hat uns endlich selbst die Zukunft entschleiern und Phänomene bestimmen lassen, die sich erst in der späten Folgezeit zutragen werden, und die wir jetzt mit Gewißheit voraussagen können, obschon sie uns, ohne dieses Hülfsmittel, ohne dieses Fernrohr unseres geistigen Auges, vielleicht ewig verborgen geblieben wären.

Uebrigens, wer von uns diese Annäherung zur Wahrheit verschmäht, wer Wahrheit, reine Wahrheit selbst fordert — in welcher anderen menschlichen Erkenntniß kann er sich denn wohl des Besitzes dieses Kleinods rühmen? Alle unsere sogenannten menschlichen Wahrheiten, was sind sie anders, als Annäherungen — ja oft noch sehr unvollkommene Annäherungen zu einem Ziele, das noch kein Sterblicher erreicht hat. Man pflegt gewöhnlich die Mathematik anzuführen, um zu beweisen, daß uns wenigstens in Einem Felde unseres Wissens die Erkenntniß der Wahrheit nicht versagt seyn soll. Allein, ohne von den ersten Grundsätzen zu sprechen, auf denen doch das ganze Gebäude dieser Wissenschaft errichtet ist, sind die Mittel, deren sie sich bedient, ihre sogenannten Wahrheiten zu finden, sind die Zahlen selbst, mit denen wir rechnen, etwas anderes, als bloße Annäherung zu den wahren Zahlen, mit denen wir gerne rechnen möchten, ohne es zu können? Welches sind z. B. die Zahlen, die, mit sich selbst multiplicirt, zwei oder drei geben? — Wir wissen es nicht. Wir können sie wohl, aber nur näherungsweise, angeben; sie selbst erreichen aber können wir nie. Unsere größten und besten Logarithmen-Tafeln, dieselben, welche die Astronomen bei allen ihren Rechnungen brauchen, und welche auch Andere brauchen würden, wenn sie ihren eigenen Vortheil besser verstünden, diese Tafeln enthalten über viermalhunderttausend Zahlen, und von ihnen allen sind kaum zwanzig richtig oder völlig genau bekannt, während alle übrigen bloß annäherud, bloß beinahe wahr sind, und doch beruhen auf ihnen, als auf der einzig möglichen Basis, alle unsere Berechnungen des Himmels und der Erde.

Nachdem wir so die Störungen, welche die Planeten von ihrer gegenseitigen Anziehung erleiden, im Allgemeinen betrachtet haben, wollen wir nun die merkwürdigsten derselben etwas näher untersuchen.

Kapitel VI.

Periodische Störungen.

§. 76. (Zwei Klassen dieser Störungen.) Die Anziehung, welche die Planeten unter einander erleiden, wird sich zunächst in den Orten dieser Körper selbst äußern, indem sich dadurch die Längen und Breiten so wie die Entfernungen derselben von der Sonne, also auch von der Erde än-

Digitized by Google

dern. Diese Störungen werden aber offenbar nur von den Orten der beiden Planeten in ihren Bahnen, oder von ihren gegenseitigen Stellungen abhängen, und da diese Stellungen nach einigen Umläufen beider Planeten immer wieder dieselben seyn müssen, so werden auch die davon abhängigen Störungen in bestimmten Perioden wiederkehren, aus welcher Ursache man sie auch die periodischen Störungen genannt hat.

Allein man sieht leicht, daß diese, bloß von ihren gegenseitigen Stellungen abhängenden Aenderungen der Planeten in ihren Bahnen endlich auch auf diese Bahnen selbst einen Einfluß äußern, und daß dadurch die Gestalt, die Lage, und vielleicht selbst die Größe dieser Bahnen Aenderungen erleiden werden. Diese Aenderung der Jupitersbahn z. B. in jeder gegebenen Zeit, wird aber nicht mehr, wie zuvor von der Stellung des diesem Planeten zunächst stehenden Mars oder Saturn in derselben Zeit, sondern sie wird vielmehr von dem Complex aller Stellungen der auf Jupiter wirkenden Planeten seit mehreren Jahrhunderten, d. h. sie wird von der Lage aller übrigen Planetenbahnen gegen die Jupitersbahn abhängen. Diese Lagen sind nun, wie wir bald näher sehen werden, ebenfalls veränderlich, und selbst in gewissen obgleich sehr langen Zeiträumen, wiederkehrend, daher also auch diese Störungen, die sich nicht auf den gestörten Planeten selbst, sondern nur auf die Elemente seiner Bahn beziehen, zwar auch im Allgemeinen in Perioden, aber in sehr lange, mehrere Jahrtausende umfassende Perioden eingeschlossen seyn werden, und aus dieser Ursache, zum Unterschiede mit den zuerst betrachteten, hat man sie seculäre Störungen genannt.

Beide Gattungen von Perturbationen haben die Astronomen durch Rechnungen, von welchen wir hier keine nähere Anzeige geben können, entwickelt und dadurch den Planetentafeln eine Genauigkeit gegeben, die bis auf wenige Secunden mit den besten Beobachtungen übereinstimmt, während man früher, wo man diese Störungen noch nicht kannte, oft viele Minuten von Unterschieden zwischen der Theorie und der Beobachtung gefunden hatte. Auf diese Weise ist es ihnen gelungen, die verwickelten Erscheinungen des Himmels mit einer überraschenden Präcision darzustellen und alle ohne Ausnahme aus dem einzigen und einfachen Gesetze der allgemeinen Schwere abzuleiten. Denn weit entfernt, diese Störungen, wie ihre Benennung zu sagen scheint, als Ausnahmen von der allgemeinen Regel oder als wahre Unordnungen des Sonnensystems zu betrachten, ist vielmehr jede derselben nur eine neue Bestätigung jenes großen Gesetzes geworden, dem alle Körper des Himmels, selbst in ihren scheinbaren Abweichungen von demselben, in stiller Unterwerfung gehorchen.

§. 77. (Periodische Störungen des Mondes.) Wir wollen nun zuerst die periodischen Störungen der Planeten, und unter ihnen besonders die des Mondes betrachten, weil diese uns zunächst angehen und sich durch ihre Größe vor allen andern auszeichnen, daher auch mehrere von ihnen, selbst von den alten Griechen schon bemerkt worden sind, obschon es ihnen unmöglich war, die Ursache derselben anzugeben.

Die elliptische Bahn der Erde, und der Ort der Erde selbst in dieser Bahn wird von den sie zunächst umgebenden Planeten nur sehr wenig gestört. Im ungünstigsten Falle kann dieser Ort der Erde in seiner Bahn nur um 40 Secunden, und ihre Entfernung von der Sonne kaum um den zehntausendsten Theil ihrer mittleren Distanz von derselben verrückt werden. Die Ursache davon liegt, wie bereits im vorhergehenden Kapitel bemerkt wurde, vorzüglich in den geringen Massen der störenden Planeten und in den großen Entfernungen, um welche sie von der Erde

Digitized by Google

abstehen. Eben so gering, ja noch viel geringer sind also auch die Störungen, welche der Mond von denselben Planeten erleidet, von welchen er, als der beständige nahe Begleiter der Erde, im Mittel immer nahe eben so weit entfernt ist, als sie selbst. Aber mit der Sonne verhält es sich ganz anders. — Der Mond bewegt sich nämlich in einer Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Erde ist; er bewegt sich also eigentlich um die Erde, und wenn außer dieser Erde kein anderer Himmelskörper mehr groß genug oder auch nahe genug wäre, um durch seinen Einfluß diese Bewegung des Mondes zu verändern, so würde auch der Mond ungestört in seiner elliptischen Bahn um die Erde gehen. Die Sonne ist nun zwar nahe 400mal weiter, als der Mond, von der Erde entfernt, aber ihre Masse ist dafür auch (§. 48) über 350000mal größer, als die der Erde, und diese ungeheuere Präpotenz ist die Ursache, daß die Wirkung der Sonne auf die Bewegung des Mondes, ihrer großen Entfernung ungeachtet, noch so bedeutend ist, daß sie den Ort des Mondes in seiner Bahn um die Erde um mehr als zwei Grade verrücken kann. Eigentlich ist es nicht die Erde, sondern der gemeinschaftliche Schwerpunkt der Erde und des Mondes, der in der Zeit eines Jahres seine elliptische Bahn um die Sonne zurücklegt. Wenn man zwei in ihrer Größe sehr ungleiche Kugeln durch einen Stab verbindet, an dem gemeinschaftlichen Schwerpunkt derselben ein Band befestiget, und das ganze, gleich einer Schleuder, um die Hand bewegt, so hat man ein Bild von dieser Bewegung des Mondes um die Erde, und mit dieser zugleich um die Sonne, nur mit dem Unterschiede, daß hier die beiden Kugeln, die Erde und der Mond, an Größe so sehr verschieden sind, daß der Schwerpunkt des ganzen Systems sehr nahe zu dem Mittelpunkte, und noch in den Körper der Erde selbst fällt. Die Sonne ist, wie gesagt, vierhundertmal weiter von der Erde entfernt, als der Mond in seiner mittleren Distanz von der Erde absteht. Also ist auch die Distanz der Sonne von dem Monde zuweilen $^1/_{400}$mal kleiner, und zuweilen wieder eben so viel größer, als die Distanz der Sonne von der Erde. So wenig dieß scheint, so hat es doch, wie wir sehen werden, einen sehr großen Einfluß auf die Bewegung des Mondes. Dazu kömmt noch, daß die Richtung der Bewegung des Mondes bald zur Sonne hin, bald von ihr weg gewendet ist, wodurch die Geschwindigkeit dieses Satelliten bald vergrößert, bald wieder vermindert wird, so daß also, durch diese Störungen der Sonne, die Entfernung des Mondes sowohl, als auch die Größe und Richtung seiner Bewegung oft beträchtlich verändert werden kann.

§. 78. (Evection.) Unter diesen Störungen des Mondes durch die Sonne sind besonders diejenigen merkwürdig, welche dieser Satellit in seiner Länge erleidet. Da die Excentricität seiner Bahn so beträchtlich ist, so kann schon die Gleichung der Bahn (I. §. 141) auf mehr als sechs Grade gehen, wodurch daher selbst die rein elliptische Bewegung des Mondes um die Erde, selbst ohne Zuthun der Sonne, sehr ungleichförmig wird. Allein durch die Wirkung der Sonne werden noch viele andere Ungleichheiten eingeführt, von welchen die größte, unter dem Namen der Evection bekannte, schon von Ptolemäus (130 Jahre nach Chr. G.) entdeckt wurde. Durch diese Störung ist die Länge des Mondes in den Syzygien, d. h. zur Zeit des Neu- und Vollmondes immer größer, als sie nach der rein elliptischen Bewegung seyn soll, während sie wieder zur Zeit der beiden Quadraturen um dieselbe Größe, d. h. um nahe 1.27 Grade zu klein ist. Nennen wir der Kürze wegen A die Differenz der Länge des Mondes und der Sonne, B die mittlere Ano-

Digitized by Google

malie (I. §. 140) des Mondes, und C die mittlere Anomalie der Sonne, so läßt sich die Evection durch das Produkt von 1.27 in den Sinus von 2 A — B ausdrücken. In den Syzygien ist A gleich 0 oder 180, in den Quadraturen aber ist A gleich 90 oder 270°; also ist dort die Evection negativ, und am größten, während sie hier ihren größten positiven Werth erreicht. Man sieht daraus zugleich, daß die Evection eine Periode von 31.8 Tagen hat, in welcher Zeit sie alle ihre Veränderungen regelmäßig durchlauft. Die alten Griechen vor Ptolemäus beobachteten den Mond nur zur Zeit der Finsternisse, d. h. in den Syzygien, wo der vorhergehende Ausdruck gleich 1.°27 Sin. B wird, wenn B, wie zuvor, die mittlere Anomalie des Mondes bezeichnet. Allein ganz dieselbe Form hat auch die Gleichung des Mittelpunkts (I. §. 141), und dieß ist die Ursache, warum jene alten Astronomen die Gleichung der Mondsbahn um 1.27° zu klein, oder warum sie die Mondsbahn in ihrer Gestalt einem Kreise viel näher angenommen haben, als sie in der That ist. Ptolemäus oder vielleicht schon Hipparch (140 Jahre vor Chr. G.), dessen Arbeiten Ptolemäus benützte, beobachtete den Mond auch zur Zeit seiner Quadraturen, wo die Länge desselben, vermöge der Evection, größer erscheint, als sie seyn soll, da sie doch in den Syzygien kleiner war. Weil er diese, wenn auch nur scheinbaren Widersprüche weder vereinigen, noch erklären konnte, so nahm er die Excentricität der Mondsbahn veränderlich an, indem er voraussetzte, daß sie sich zur Zeit der Neu- und Vollmonde mehr zu einem Kreise abrunde, zur Zeit der Quadraturen aber zu einer sehr länglichen Ellipse ausdehne. Eine Voraussetzung, die nicht begründet ist, und die man auch sofort verwarf, als man die wahre Ursache der Evection in der Störung des Mondes durch die Sonne kennen gelernt hatte.

Wir werden unten sehen, daß die große Axe der Mondsbahn, oder daß die Apsidenlinie dieser Bahn eine sehr schnelle Bewegung am Himmel hat, so daß sie ihren Ort während der Zeit eines Jahres um mehr als 40 Grade ändert. Wenn nun diese Apsiden zu irgend einer Zeit mit den Quadraturen zusammen fallen, so wird dadurch, wie eine einfache Rechnung zeigt, die Centralkraft der Erde auf den Mond, durch die Sonne *weniger* verändert, als sonst der Fall ist. Geht daher der Mond von der Erdnähe zur Erdferne, so wird er sich dabei weniger von der Erde entfernen, als er sonst gethan haben würde, d. h. seine Excentricität wird kleiner erscheinen. Geht er aber von der Erdferne zur Erdnähe über, so wird er, da er schwächer, als es die reine Ellipse fordert, von der Erde angezogen wird, in der Erdnähe sich weiter von der Erde entfernen, und die kleinste Entfernung wird gegen die mittlere größer, d. h. eine Excentricität wird wieder *kleiner* erscheinen.

Wenn aber für eine andere Zeit die Apsiden mit den Syzygien zusammen fallen, so ändert sich, wie durch dieselbe Rechnung gezeigt werden kann, die Centralkraft der Erde *mehr*, als in allen andern Fällen, voraus daher, durch Wiederholung derselben Schlüsse, folgt, daß dann die Excentricität der Mondsbahn *größer* erscheinen muß. Als Endresultat alles Vorhergehenden werden wir also annehmen, daß die Excentricität, oder was dasselbe ist, die Gleichung des Mittelpunktes der Mondsbahn am größten erscheint, wenn die Apsiden in die Syzygien, und am kleinsten, wenn sie in die Quadraturen fallen, und das ist es, worauf die eigentliche Erklärung der Evection beruht.

§. 79. (Variation.) Die zweite große Ungleichheit der Mondslänge heißt die *Variation*. Sie kann sich bis auf 0.65 Grade erheben und hat diesen ihren größten Werth in den vier Punkten, die zwischen

Digitized by Google

den Syzygien und Quadraturen in der Mitte liegen, das heißt, in den vier Octanten, während sie in den Syzygien und Quadraturen selbst verschwindet. Ihr Ausdruck ist 0°.65 Sin. 2 A, wo wieder A gleich der Länge des Mondes weniger jener der Sonne ist. Daraus folgt zugleich, daß die Periode dieser Störung gleich 14.76 Tagen, oder gleich einem halben synodischen (l. §. 98) Monat ist.

Es läßt sich nämlich durch eine einfache Rechnung, die wir aber hier, unserem Zwecke gemäß, nicht näher anführen wollen, leicht zeigen, daß die Tangentialkraft (vergl. §. 63) des Mondes im Allgemeinen in den Syzygien am größten, und in den Quadraturen am kleinsten ist, und daß sie daher in den Octanten in ihrem mittleren Werthe seyn muß, woraus dann unmittelbar folgt, daß die Geschwindigkeit des Mondes im ersten und dritten Quadranten von A, durch die Wirkung der Sonne vermindert, im zweiten und vierten Quadranten aber vermehrt wird, was mit der erwähnten Erscheinung der Variation unmittelbar im Zusammenhange steht.

§. 80. (Jährliche Gleichung des Mondes.) Eine dritte beträchtliche Störung des Mondes durch die Sonne, die jährliche Gleichung, ist ebenfalls schon von Tycho entdeckt worden. Ihr Ausdruck ist 0°.19 Sin. C, wenn C die mittlere Anomalie (l. §. 140) der Sonne bezeichnet. Diese Gleichung zeigt, daß dadurch die Länge des Mondes in den ersten sechs Monaten des Jahrs vermindert, in den andern aber um eben so viel vermehrt wird. Zur Zeit der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne, d. h. im Anfange des April und Oktober verschwindet diese Störung, deren Periode sonach gleich der Länge unseres Jahres ist.

Man kann nämlich durch einige einfache geometrische Betrachtungen leicht zeigen, daß die Centralkraft (§. 63), welche die Erde auf den Mond ausübt, daß also auch die elliptische Bewegung dieses Satelliten, durch die Sonne in den Quadraturen um ihren $^1/_{187}$sten Theil vermehrt, und in den Syzygien nahe um das Doppelte, also um ihren $^1/_{91}$ Theil vermindert, also im Ganzen mehr verkleinert als vergrößert, d. h. überhaupt verkleinert werde. Diese im Allgemeinen constante Verminderung der Centralkraft der Erde vertheilt sich aber in ihrer Wirkung über die ganze Bahn des Mondes und ist, in seinem vorzüglichsten Gliede, dem Cosinus des Winkels C proportional. Wenn aber die Centralkraft abnimmt, so nimmt auch die Geschwindigkeit des Mondes ab, und zwar um eine Größe, die dem Sinus desselben Winkels proportional ist, woraus die Erklärung der jährlichen Gleichung des Mondes von selbst folgt.

Dieß sind die drei vorzüglichsten Störungen der Längen des Mondes. Ihre beträchtliche Größe und die kurzen Zeiträume, in welchen sie wiederkehren, sind die Ursache, warum sie schon von unseren Vorgängern, ihrer unvollkommenen Instrumente ungeachtet, gefunden wurden, obschon ihre wahre Erklärung erst nach der Entdeckung des Gesetzes der allgemeinen Schwere und der Auflösung des Problems der drei Körper (§. 74) gegeben werden konnte.

§. 81. (Mondsstörungen von langer Periode.) Allein es gibt noch eine große Anzahl anderer Störungen, die in der That viel kleiner sind, als jene, deren Kenntniß uns aber doch unentbehrlich war, wenn wir die Bewegung des Mondes genau darstellen, und dieselbe zur Bestimmung der geographischen Länge, besonders auf dem Meere, mit Vortheil anwenden sollten. Die Theorie dieser Störungen gab uns sehr bald die allgemeine Form dieser Gleichungen, allein die absolute Größe derselben ließ sich noch vor wenig Jahren nicht gut anders, als auf praktischem

Digitized by Google

Wege bestimmen. Erst in unseren Tagen ist es den Astronomen gelungen, die Tafeln des Mondes auf eine ähnliche Weise, wie man bisher bei den Planeten gethan hat, aus den bloßen Elementen (I. §. 142) der Mondsbahn zu entwickeln, welche letzte unmittelbar aus den Beobachtungen genommen wurde, während alles Andere der reinen Theorie anheim fiel. Auf diese Weise sind die Mondstafeln von Damoiseau entstanden, die so genau mit dem Himmel übereinstimmen, daß wohl nur wenig mehr zu wünschen und unseren Nachfolgern hinzuzufügen übrig bleiben mag.

Unter diesen kleineren Störungen des Mondes von der Sonne hat Laplace, dem wir die gegenwärtige Vollkommenheit der Theorie dieses Satelliten vorzüglich verdanken, einige besonders merkwürdige gefunden, die hier eine nähere Anzeige verdienen. Die erste derselben, die in ihrem größten Werthe nur 14 Secunden beträgt, hat eine sehr lange Periode von nahe 184 Jahren. Nicht einmal die Existenz, viel weniger noch die Größe und Periode einer solchen Gleichung würde man auf dem bloßen Wege der Beobachtungen gefunden haben. Ihre Kenntniß war aber sehr wichtig, weil wir sonst die Wirkung einer solchen Störung mit der mittleren Bewegung des Mondes vermengt haben würden, die dadurch selbst veränderlich geworden wäre, da sie doch, ihrer Natur nach, beständig seyn soll.

§. 82. (Bestimmung der Sonnenparallaxe und der Erdabplattung durch die Störungen des Mondes.) Eine andere dieser kleinen Störungen hat dasselbe Argument, wie die Variation; sie wurde nämlich gleich a Sin. A gefunden, und der größte Werth derselben oder der Faktor a ist der Art, daß seine Größe von der Sonnenparallaxe abhängt. Man fand diesen Werth von a durch eine große Anzahl von Mondsbeobachtungen gleich 122 Secunden, und daraus wurde die Größe der Sonnenparallaxe gleich 8.6 Secunden abgeleitet, sehr nahe mit demjenigen übereinstimmend, den man aus den Durchgängen der Venus vor der Sonnenscheibe in den Jahren 1761 und 1769 gefunden hat.

Eine ähnliche Störung der Länge, so wie auch eine der Breite des Mondes, hängt in ihrem Coefficienten von der Abplattung der Erde an ihren beiden Polen ab. Die Beobachtungen des Mondes haben den größten Werth der ersten dieser Gleichungen gleich 6 8 Secunden gegeben, woraus die Abplattung $^1/_{305}$ folgt (vergl. I. §. 22). Wäre diese Abplattung, wie Einige wollten, nahe noch einmal so groß, so würde auch der Coefficient jener Störung doppelt so groß, oder nahe 14 Secunden seyn, was mit den Mondsbeobachtungen im Widerspruche steht. Ganz auf dieselbe Weise gab auch die erwähnte Störung der Breite diese Abplattung der Erde gleich $^1/_{301}$. Man erhält auf diese Weise die Abplattung unserer Erde ganz unabhängig von den Unregelmäßigkeiten ihrer Oberfläche und ihrer Dichtigkeit an verschiedenen Orten, was bei den Meridianvermessungen, und selbst bei den Pendelbeobachtungen, durch welche allein wir bisher die Gestalt der Erde bestimmen konnten, nicht der Fall ist.

Die Parallaxe des Mondes (vergl. I. Kap. 5.) kann durch bloße Theorie aus der bekannten Länge des Secundenpendels und aus den Gradmessungen abgeleitet werden, also kann man auch umgekehrt aus der Länge des Pendels und aus der bekannten Parallaxe des Mondes den Halbmesser der Erde bestimmen. Diese Parallaxen kann man aber durch bloße Beobachtungen des Mondes in verschiedenen Höhen über seinem Horizonte finden, ohne daß es nöthig ist, seinen Beobachtungs-

Digitized by Google

ort zu verändern, oder weit entfernte Gegenden der Erde zu diesem Zwecke aufzusuchen.

So ist also der Astronom in den Stand gesetzt, bloß durch die Vergleichung der Theorie mit seinen Beobachtungen, ohne seine Sternwarte auch nur einen Augenblick zu verlassen, nicht nur die Größe, sondern auch die Gestalt, und sogar die Entfernung der Erde von dem Monde, so wie auch die Entfernung derselben von der Sonne zu bestimmen, ohne mühsame geodätische Messungen auszuführen, ohne kostbare Reisen in fremde Welttheile zu unternehmen, und ohne endlich alte, Jahrtausende von uns entfernte Beobachtungen zu Hülfe zu rufen.

Alles Vorhergehende zeigt, wie innig die Erscheinungen des Himmels unter einander und mit dem allgemeinen Gesetze der Schwere zusammen hängen, und zugleich, daß der Mond mit seinen zahllosen und so mannigfaltig in sich verwickelten Störungen vorzüglich geeignet ist, uns diesen wunderbaren Zusammenhang und zugleich die große Macht der mathematischen Analyse zu beweisen, dieses wahrhaft vortrefflichen Instrumentes, ohne dessen Hülfe es dem menschlichen Geiste unmöglich gewesen wäre, in jene Tiefen einzudringen, und eben dort, wo auf den ersten Blick nur Unordnung und Verwirrung zu herrschen scheint, die schönste Harmonie zu entdecken.

§. 83. (Periodische Störungen der Planeten überhaupt.) Indem wir nun von den periodischen Störungen des Mondes zu denen der Planeten übergehen, bemerken wir zuerst, daß diese Störungen bloß von den Stellungen der beiden Planeten, d. h. von den Differenzen ihrer Längen und ihrer Entfernungen von einander abhängen. Diese Entfernungen aber werden nicht bloß von der Lage dieser Planeten selbst im Raume, sondern auch von ihrer Lage gegen die großen Axen ihrer elliptischen Bahnen bestimmt. Will man also z. B. die Störung des Mars, die er durch Jupiter erfährt, bestimmen, und bezeichnet man durch ♂ die Länge des ersten, durch ♃ die des zweiten Planeten, und durch π die Länge des Periheliums des einen oder des andern dieser beiden Himmelskörper, so wird die gesuchte Störung bloß von den Größen ♂, ♃ und π abhängen. Da diese Störungen, wie bereits oben gesagt worden ist, in bestimmten Zeiträumen periodisch wieder kommen, so werden ihre analytischen Ausdrücke die Sinus oder Cosinus dieser drei Winkel enthalten, indem diese trigonometrischen Funktionen, wie bekannt, für die Peripherie des Kreises ebenfalls periodisch wiederkehren und sich daher, als für jene Ausdrücke vorzüglich geeignet, gleichsam von selbst darbieten. Die Theorie zeigt, daß diese Störungen, so weit sie die Länge der Planeten betreffen, alle durch den Sinus, und daß eben so die Störungen des Abstandes der Planeten von der Sonne durch den Cosinus des Winkels $(m♂ - n♃ - π)$ vorgestellt werden können, wo m und n nach der Ordnung die Zahlen 1, 2, 3 . . bezeichnen.

Die Astronomen haben diese Störungen für alle sieben älteren Planeten auf das genaueste berechnet. Man findet sie in dem dritten Theile der Mécanique céleste von Laplace. Auf diese Rechnungen sind dann die Tafeln gegründet worden, durch welche die Bestimmung des Ortes jedes Planeten für jede gegebene Zeit zugleich ungemein erleichtert und gesichert wird. Die besten Planetentafeln, deren wir uns jetzt bedienen, sind die der Sonne, oder vielmehr der Erde von Delambre und Carlini, — des Merkur, der Venus und des Mars von Lindenau, und endlich der drei von der Sonne entferntesten Planeten von Bouvard; für die vier neuen Planeten hat man noch keine solche vollständigen

Digitized by Google

Tafeln entworfen, weil ihre großen Excentricitäten und Neigungen der enauen Bestimmung derselben noch zu viele Hindernisse entgegen stellen.

§. 84. (Merkwürdige Störung zwischen Jupiter und Saturn.) Unter iesen periodischen Störungen der Planeten sind vorzüglich zwei, die zwi-hen den beiden größten Planeten unseres Sonnensystems Statt haben, erkwürdig geworden. Schon Halley, Newton's Zeitgenosse, hatte be-erkt, daß die Umlaufszeit Saturn's zur Zeit des Hipparch (140 Jahre or Chr.) größer, und die des Jupiter im Gegentheile kleiner war, als u Newton's Zeit, oder daß die mittlere Bewegung des Saturn seitdem angsamer, und die des Jupiter geschwinder geworden sey. Diese Ent-eckung war um so auffallender, da man bei allen anderen Planeten iese Umlaufszeiten aus den älteren und neueren Beobachtungen durch-us constant oder unveränderlich gefunden hatte (I. §. 125), und da an bald darauf auch durch die Theorie belehrt wurde, daß dieses Ele-ent der Planetenbahnen in der That immer constant bleiben müsse.

Euler war der Erste, der diese sonderbare Entdeckung der Analyse u unterwerfen suchte. Er fand auch in der That eine solche Verzöge-ung des einen, und eine Beschleunigung des andern jener beiden Pla-eten, aber da er durch seine Theorie beide von gleicher Größe gefunden atte, was mit den Beobachtungen nicht übereinstimmte, so konnte seine rklärung dieser Erscheinung, so sinnreich sie auch war, nicht angenom-nen werden. Auch Lagrange beschäftigte sich später mit diesem eben so chwierigen, als interessanten Gegenstande, aber ebenfalls ohne Erfolg. Diese und mehrere andere ausgezeichnete Geometer suchten den Grund einer Ungleichheit bald in dem Widerstande des Aethers, in welchem sich ie Planeten bewegen sollen, bald in den Störungen, welche die Kome-en auf dieselben äußern, bald in der Zeit, welche die Kraft der Schwere rauchen soll, von der Sonne bis zu diesem entfernten Planeten zu ge-angen u. dgl. Diese Muthmaßungen gaben allerdings zu andern, nicht ninder wichtigen Entdeckungen Veranlassung, aber sie ließen doch den Gegenstand, den man eigentlich suchte, im Dunkel.

In den letzten Decennien des verflossenen Jahrhunderts verglich Lambert diejenigen Beobachtungen Saturns und Jupiters, die Tycho an-gestellt hatte, mit seinen eigenen und fand, zur noch größeren Ueberra-chung der Astronomen, daß, ganz im Widerspruche mit Halley's Ent-eckung, die mittlere Bewegung Saturn's seit jener Zeit bis auf seine Lage sich beschleunigt, und die des Jupiter im Gegentheile sich verzögert habe. Dieß machte viele an der Existenz dieser beiden Ungleichheiten weifeln, indem sie die, wie sie meinten, nur scheinbare Veränderung dieser beiden Bewegungen bloß der Unvollkommenheit der älteren Beob-achtungen zuschrieben. Allein Laplace, der sich durch diese grundlosen Vermuthungen nicht irren ließ, glaubte vielmehr eben in diesem äußeren Widerspruche das Daseyn einer Störung von sehr langer Periode zu er-kennen, durch welche die Bewegungen dieser beiden Planeten mehrere Jahrhunderte durch abwechselnd bald beschleunigt, bald wieder verzögert werden könnten. Um diese Ungleichheit aufzusuchen, mußte er die Ge-sammtstörung dieser beiden Planeten, die man bisher, wie bereits oben (§. 73) gesagt wurde, nur in den ersten, und sonach größten Gliedern ihrer unendlichen Reihen entwickelt hatte, noch auf mehrere der folgen-den Glieder fortführen und zusehen, ob sich unter diesen letzten eine Stö-rung von sehr langer Periode finde, die den beobachteten Ungleichheiten jener beiden Planeten entspricht.

Bei dieser mühevollen Untersuchung kam ihm eine andere wichtige Entdeckung zu Statten, die man schon früher gemacht hatte. — Es ist

Digitized by Google

bereits oben gesagt worden, daß die periodischen Störungen dieser beiden Planeten durch die Sinus und Cosinus der Winkel $(m4 - n\mathfrak{h} - \pi)$ ausgedrückt werden, wo $\mathfrak{h}$ und 4 von den mittleren Längen, oder was hier dasselbe ist, von den Umlaufszeiten der beiden Planeten abhängen, und wo die Größen m und n die ganzen Zahlen 1, 2, 3... bezeichnen. Gewöhnlich braucht man nur diejenigen Glieder zu untersuchen, wo m sowohl als n entweder gleich 1 oder gleich 2 ist, da die folgenden, wo m oder n gleich 3, 4, 5... ist, schon so kleine Werthe haben, daß man sie ohne merklichen Fehler ganz übergehen kann.

Nun ist es eine, unmittelbar aus der äußeren analytischen Form dieser Störungsglieder hervorgehende Eigenschaft derselben, daß sie, so gering sie auch an sich selbst seyn mögen, in allen den Fällen einen bedeutenden Werth erhalten, wo die Umlaufszeiten, oder was dasselbe ist, wo die mittleren täglichen Bewegungen der beiden Planeten sich sehr nahe wie die zwei ganzen Zahlen verhalten, die man eben für m und n setzen soll. Wenn z. B. die mittleren Bewegungen zweier Planeten sich nahe wie 5 zu 7 verhalten, so kann es sehr leicht geschehen, daß die ersten Glieder der erwähnten Reihen, in welchen m und n gleich 1, 2, 3.. gesetzt werden, sämmtlich nur unbeträchtlich sind, während doch das erst später folgende Glied, in welchem $m = 5$ und $n = 7$, oder umgekehrt ist, einen sehr großen Werth erhalten kann. Ein solcher Fall trat auch in der That bei jenen beiden Planeten ein. Die siderische Umlaufszeit Jupiters beträgt 4332.58, und die des Saturn 10759.22 Tage (I. §. 142), und diese beiden Zeiten verhalten sich sehr nahe wie die beiden ganzen Zahlen 2 und 5, woraus daher folgt, daß man bei der Entwicklung der gegenseitigen Störungen dieser zwei Himmelskörper vorzüglich auf diejenigen Glieder Rücksicht nehmen muß, in welchen $m = 2$ und $n = 5$, und umgekehrt gesetzt wird. Indem Laplace diese Untersuchung vornahm, fand er auch seine frühere Vermuthung vollkommen bestätigt. Er fand nämlich unter den Störungen, die Saturn von Jupiter leidet, ein Glied, das bis auf 2950 Secunden steigen konnte, und unter den Störungen Jupiters ein anderes, jenem entsprechendes, dessen größter Werth 1200 Secunden betrug. Die Periode dieser Störungen aber ist für beide nahe gleich 930 Jahren, und beide sind zugleich so beschaffen, daß die eine derselben immer eine Beschleunigung andeutet, wenn die andere eine Verzögerung enthält. Alles dieß stimmte aber mit den bisher gesammelten Beobachtungen jener Planeten aus den alten nicht minder, als aus den mittlern und neuen Zeiten so wohl zusammen, daß an der Richtigkeit dieser Erklärung einer früher so räthselhaften Erscheinung nicht weiter gezweifelt werden konnte.

Im Jahre 1560 haben diese beide Störungen ihren größten Werth erreicht, und zu dieser Epoche war die Bewegung Saturns am langsamsten, die des Jupiter aber am schnellsten. Seitdem näherten sich diese beiden Bewegungen ihren wahren immer mehr, bis sie i. J. 1790 denselben ganz gleich kamen, und i. J. 2020 werden sie wieder ihre größten Werthe erreichen. Man sieht nun, wie Halley und Lambert so ganz verschiedene Resultate finden konnten, wenn sie Beobachtungen von solchen Epochen mit einander verglichen, wo diese beiden Planeten in Beziehung auf ihre mittleren Bewegungen in ganz andern Verhältnissen sich befanden. Wenn das Wiederaufleben der Wissenschaften in Europa etwa 500 Jahre später eingetreten wäre, so würden die Beobachtungen die entgegengesetzten Erscheinungen von denen angezeigt haben, die Halley gefunden hat. Die astronomischen Tafeln der Indier, denen dieses Volk ein so hohes Alterthum beilegt, zeigen deutlich, daß sie zu einer

Digitized by Google

Zeit entworfen worden sind, wo die Bewegung Saturns die langsamste, und die Jupiters die schnellste war, und es läßt sich daher eben daraus mit einiger Sicherheit die Zeit der Entstehung dieser Tafeln ableiten. Vereiniget man damit die Excentricitäten, welche diese Tafeln mehreren Planetenbahnen beilegen, so wird es, wie Laplace gezeigt hat, sehr wahrscheinlich, daß diese Tafeln, weit entfernt, viertausend Jahre vor dem Anfange unserer Zeitrechnung entstanden zu seyn, wie die Indier vorgeben, erst gegen den Anfang des sechszehnten Jahrhunderts nach Chr. G. nach dem Muster der europäischen Tafeln zusammen getragen worden sind.

Kapitel VII.

Säculäre Störungen.

§. 85. (Säculäre Störungen des Mondes; Bewegung der Knotenlinie.) Es ist bereits im Anfange des vorhergehenden Kapitels bemerkt worden, daß man unter den *säculären* Störungen der Planeten diejenigen versteht, welche nicht sowohl diese Planeten selbst, als vielmehr die Bahnen derselben durch die Einwirkung der andern Planeten erleiden.

Um auch hier wieder die säculären Störungen des *Mondes* zuerst zu betrachten, so ist für sich klar, daß dieser Satellit, der sich in einer nahe fünf Grade gegen die Ekliptik geneigten Ebene bewegt, durch die Attraction der Sonne, die in der Ekliptik liegt, dieser Ekliptik selbst *genähert* werden muß. Diese Annäherung des Mondes zur Ekliptik hat offenbar immer Statt, der Mond mag sich auf der nördlichen oder auf der südlichen Seite der Ekliptik befinden, und die Folge derselben muß seyn, daß der Mond die Ekliptik immer eher erreicht, als er ohne diese Attraction der Sonne gethan hätte. Das heißt aber mit andern Worten: die Knoten der Mondesbahn (I. 99) rücken dem Monde entgegen, und da der Mond von West gen Ost um die Erde geht, so werden die Knoten seiner Bahn von Ost gen West, oder *rückwärts* gehen. Nach den Beobachtungen beträgt diese retrograde Bewegung der Mondesknoten in Beziehung auf die Fixsterne jährlich 19.35 Grade (I. §. 170). Diese Bewegung der Knoten ist übrigens nicht immer dieselbe, sondern sie hängt von der Entfernung der Sonne und der Erde von dem Monde ab. Man findet, daß sie zur Zeit der Syzygien am größten, und während der Quadraturen am kleinsten ist. Im Mittel beträgt die Umlaufszeit der Knoten der Mondesbahn in Beziehung auf die Gestirne oder die siderische Revolution (I. §. 100) derselben 6793.2859 Tage, und die Revolution des Mondes selbst in Beziehung auf seine Knoten, d. h.

Digitized by Google

die Zeit, die zwischen zwei nächsten Durchgängen des Mondes durch seinen Knoten verfließt, ist 27.2121 Tage, welche Zwischenzeit man den Drachenmonat zu nennen pflegt.

§. 86. (Bewegung der Apsiden der Mondesbahn.) Da die Attraction der Sonne die Entfernung des Mondes von der Erde bald vermehrt und bald wieder vermindert, so folgt daraus auch eine Aenderung der Lage der großen Axe der Mondesbahn. Man sieht im Allgemeinen, daß die Axe der Sonne folgen, also von West nach Ost fortrücken wird. Die Beobachtungen zeigen, daß diese Fortrückung der Apsiden der Mondesbahn, in Beziehung auf die Fixsterne, jährlich 40.65 Grade beträgt. Daraus folgt die siderische Umlaufszeit der Apsiden des Mondes gleich 3232.567 Tagen, und die Revolution des Mondes selbst in Beziehung auf diese Apsiden gleich 27.555 Tagen, welche letzte Zeit man die anomalistische Revolution des Mondes zu nennen pflegt. Auch diese Bewegung ist übrigens mehreren Ungleichheiten unterworfen, die ebenfalls von dem Stande der Sonne gegen die Erde und gegen den Mond abhängen.

§. 87. (Geschichte dieser Entdeckung.) Diese Bewegung der Apsiden des Mondes hat die Geometer des verflossenen Jahrhunderts lange beschäftigt. Schon Newton hat sie aus dem Gesetze der allgemeinen Schwere abzuleiten gesucht, aber durch seine Rechnungen nur nahe halb so groß gefunden, als sie durch die Beobachtungen angezeigt wird. Später fand Clairaut durch eine viel sorgfältigere Analyse nahe dasselbe, und die ihm folgenden Untersuchungen Euler's und D'Alembert's schienen dieses Resultat zu bestätigen. Dieß war also gleichsam der erste Fall, wo die Theorie mit der Beobachtung nicht übereinstimmte, oder wo das Newton'sche Gesetz der allgemeinen Schwere nicht hinreichend gefunden wurde, um daraus alle Erscheinungen des Himmels zu erklären. Auch ließ sich Clairaut, seines seltenen Scharfsinnes ungeachtet, durch diese Nichtübereinstimmung verführen, ein anderes, complicirteres Gesetz der Natur anstatt jenes einfachen, das Newton aufgestellt hatte, auf die Bahn zu bringen. Er fand zwar dabei Widerspruch von einem Manne, dessen Ansehen in dem Felde der Naturgeschichte zu jener Zeit für eine sehr große Autorität galt. Buffon wollte das von Clairaut vorgeschlagene Gesetz durchaus nicht annehmen, aber bloß aus dem Grunde, weil das von Newton aufgestellte das einfachere wäre, und weil, nach seiner Ansicht, die Natur zur Erreichung ihrer Zwecke immer die einfachsten Mittel wählen müsse. Allein dieser teleologische oder metaphysische Grund wollte Clairaut nicht einleuchten, der ihm dafür die Resultate seiner Analysis entgegensetzte, die jener nicht widerlegen konnte, weil er sie nicht verstand. Doch hatte dießmal der Metaphysiker, dem Geometer gegenüber, Recht. Clairaut bemerkte nämlich später, daß er die Annäherung seiner Berechnung nicht weit genug getrieben hatte, und als er dieselbe mit mehr Umsicht wiederholte, fand er, daß die Theorie auch hier mit den Beobachtungen in vollkommenem Einklang sey. Nach ihm wurde diese wesentliche Verbesserung auch von Euler und D'Alembert als richtig erkannt, und die neuesten Bestimmungen der Bewegung der Apsiden der Mondesbahn, die Laplace in seiner Mécanique céleste gegeben hat, weichen nur mehr um ihren $^1/_{100}$sten Theil von den Beobachtungen ab. So wurde daher dieselbe Erscheinung, die man früher als eine Ausnahme von dem allgemeinen Gesetze der Schwere betrachtete, — jetzt einer der schönsten Beweise für das Daseyn dieses Gesetzes. Denn dieß war das Loos jener glänzenden Entdeckung, daß jedes neue Hinderniß,

Digitized by Google

das sich gegen dieselbe zu erheben schien, immer nur der Gegenstand eines neuen Triumphes für sie wurde.

§. 88. (Acceleration der mittleren Bewegung des Mondes.) Einen ähnlichen Fall, der den Astronomen noch mehr Mühe kostete, bot die Beobachtung der mittleren Bewegung des Mondes dar. Es ist bereits oben (Kap. VI.) gesagt worden, daß die Umlaufszeit der Planeten um die Sonne, also auch die der Satelliten um ihre Hauptplaneten aus theoretischen Gründen, von welchen wir später sprechen werden, als constant oder als unveränderlich erkannt worden ist. Da mit diesen Umlaufszeiten, nach dem dritten Kepler'schen Gesetze, die halben großen Axen der Bahnen in unmittelbarem Zusammenhange stehen, indem, nach diesem Gesetze, eines durch das andere gegeben ist, so wurden auch diese Halbaxen der Bahnen als für alle Zeiten unveränderlich erkannt, und die Beobachtungen der ältesten Zeit stimmten auch mit dieser Voraussetzung bei allen Planeten vollkommen überein.

Nicht so bei dem Monde. Auch hier, wie oben (§. 84) bei den beiden größten Planeten unseres Sonnensystems, hatte Halley zuerst gefunden, daß die Umlaufszeit des Mondes um die Erde seit den Zeiten der griechischen Beobachtungen, d. h. nahe seit zweihundert Jahren vor Chr. G. bis auf unsere Tage, immer kürzer, also die mittlere Bewegung des Mondes immer schneller werde, wodurch daher der Mond der Erde immer näher kommen, und endlich, wenn diese Bewegung ohne Aufhören in derselben Art fortschreitet, auf sie fallen muß, um sich für immer mit ihr zu vereinigen.

Diese befremdende Erscheinung hat die Astronomen lange gequält, da sie die Ursache derselben nicht finden konnten. Man suchte sie in der Wirkung der Planeten, in der Abweichung des Mondes und der Erde von der Kugelgestalt, in dem Widerstande des Aethers, in der allmählichen Fortpflanzung der Schwere u. s., aber immer vergebens. Indeß war die Uebereinstimmung aller anderen Phänomene des Himmels mit dem Gesetze der allgemeinen Schwere so groß, daß man nicht ohne lebhaftes Bedauern diese Ausnahme sehen konnte, welche bloß die mittlere Bewegung des Mondes von diesem Gesetze machen sollte. Dieß bewog die beiden größten Geometer ihrer Zeit, Lagrange und Laplace, dem Grunde dieser auffallenden Erscheinung weiter nachzuforschen. Sie gingen von der Ansicht aus, daß diese Ausnahme nur scheinbar sey, und ihre Ursache in demselben Gesetze, und zwar in der Anziehung der Sonne auf den Mond, haben müsse, aus welchen überhaupt alle Störungen dieses Satelliten zu erklären seyn sollen. Wenn in der That die Erde in ihrer Bahn sich der Sonne allmählich näherte, oder von ihr entfernte, so würde sich dadurch auch die Entfernung des Mittelpunkts der Mondesbahn von der Sonne ändern, und es ist kein Zweifel, daß dadurch eine Vergrößerung oder eine Verkleinerung dieser Mondesbahn selbst hervorgebracht werden müßte. Allein die große Axe der Erdbahn ist, wie die aller Planeten, unveränderlich, und jene Voraussetzung einer veränderlichen Entfernung der Erde von der Sonne scheint sonach unzulässig zu seyn.

Erinnert man sich aber (I. §. 142), daß die Excentricität der Erdbahn, den Beobachtungen gemäß, seit den ältesten Zeiten immer kleiner wird, daß also auch die elliptische Erdbahn, obschon die große Axe derselben unveränderlich ist, einem Kreise immer näher kömmt, so folgt daraus, daß auch die Sonne seit jener Zeit dem Mittelpunkte der Mondesbahn im Allgemeinen immer näher rücken, und daß dadurch die Wirkung der Sonne auf die Bewegung des Mondes vergrößert werden muß.

Digitized by Google

Lagrange hat der Erste diesen Grund der Acceleration der mittleren Bewegung des Mondes nachgewiesen, und Laplace hat denselben durch seine darüber angestellten Berechnungen über allen Zweifel erhoben. Die Wirkung der Sonne auf den Mond hängt von der Entfernung der Sonne von der Erde ab; diese Entfernung aber hängt von der Excentricität der Erdbahn ab, und da die letzte veränderlich ist, so muß es auch die erste seyn. Die mathematische Analyse gibt die Größe dieser Aenderung des Sonneneinflusses, also auch die Größe der daraus entspringenden Veränderung in der mittleren Bewegung des Mondes, und zwar mit den Beobachtungen vollkommen übereinstimmend. Nennt man t die seit dem Jahre 1800 verflossenen Jahrhunderte, so beträgt diese Aenderung der mittleren Länge des Mondes $10.72t^2$ Secunden, oder diese Länge ist i. J. 1900 um 10.72 Secunden größer, als sie aus der Umlaufszeit, die der Mond i. J. 1800 hatte, folgen würde.

§. 89. (Säculäre Bewegung der Apsiden- und Knoten-Linie.) Dieselbe Theorie hat auch gezeigt, daß die oben (§. 85 und 86) erwähnten Bewegungen der Apsiden- und der Knoten-Linie der Mondesbahn ähnlichen säculären Störungen unterworfen sind, die aus derselben Quelle entspringen. Während nämlich die mittlere Bewegung des Mondes in seiner Bahn mit der Zeit immer schneller wird, nimmt die Bewegung des Perigeums, und die der Knotenlinie immer ab, und zwar in einem Jahrhundert jene um 32.16, und diese um 7.88 Secunden, so daß diese drei säculären Störungen sich wie die Zahlen 1, 3 und $^3/_4$ verhalten. Die Beobachtungen der künftigen Jahrhunderte werden diese Bewegungen noch genauer bestimmen, da sie sich in der Folge der Zeiten anhäufen. Durch sie wird einst die Länge des Mondes um volle neun, und die Länge des Perigeums der Mondesbahn sogar um volle dreißig Grade verändert werden, und aus diesem großen Unterschiede wird man mit Sicherheit auf die viel geringere Veränderung der Excentricität der Erdbahn zurückschließen, von welcher jene Unterschiede die unmittelbaren Folgen sind. Diese Excentricität ändert sich in einem Jahre äußerst wenig, und nur durch 0.15 einer Meile, aber durch diese Aenderung wird in der Folge der Jahrhunderte das Perigeum der Mondesbahn um dreißig Grade, d. h. um volle 27000 Meilen, verrückt werden, und unsere spätesten Nachfolger werden daher die Veränderung, welche seitdem in der Bahn der Erde vorgegangen ist, in der Bahn des Mondes, wie in einem unermeßlichen Hohlspiegel, sehr vergrößert erblicken. Schon seit den Zeiten der Griechen bis auf unsere Tage ist die Länge des Mondes um zwei, und die des Perigeums seiner Bahn um volle $6^3/_5$ Grade verändert worden, während sich doch in derselben Zeit und aus derselben Ursache die Gleichung des Mittelpunkts (I. §. 141) der Sonne nur um acht Minuten, also nur um den 49sten Theil der Bewegung des Perigeums verändert hat.

§. 90. (Gränzen und Perioden dieser Störungen.) Wenn aber diese säculäre Störung des Mondes ohne Aufhören in derselben Richtung fortginge, so würde sie, wie bereits erwähnt, den Mond der Erde immer näher bringen und denselben endlich ganz auf sie stürzen. Allein diese verderbliche Folge haben wir nicht zu befürchten. Die Analyse hat uns nämlich gezeigt, daß die Excentricität der Erdbahn nicht immer, sondern nur bis zu einem gewissen Grade abnehmen, und dann wieder wachsen werde, so daß die Veränderungen derselben in bestimmte Gränzen eingeschlossen sind, welche diese Excentricität nie überschreiten kann. Die Perioden, während welcher sie von ihren größten Werthen zu ihren kleinsten, und umgekehrt übergeht, enthalten aber viele Jahrtausende, und

Digitized by Google

können jetzt, wo die Massen der Planeten noch nicht mit aller Schärfe bekannt sind, auch nicht mit Genauigkeit bestimmt werden. Nach den vorläufig darüber angestellten Rechnungen war die Excentricität der Erdbahn in dem Jahre 11400 vor Chr. G. in ihrem größten Werthe und betrug 0.0196. Von jener Zeit nimmt sie durch 48300 Jahre immer ab und wird erst i. J. 36900 nach Christus ihren kleinsten Werth 0.00393 haben, und dann allmählig wieder zunehmen, so daß also ihre ihre Periode nahe 48300 Jahre beträgt, während welcher sie um 0.01567 Theile der großen Halbaxe der Erdbahn ab und zunimmt.

§. 91. (Säculäre Störungen der Planeten.) Nach diesen kurzen Betrachtungen der säculären Störungen des Mondes gehen wir nun zu denen der Planeten über. Es wurde bereits oben gesagt, daß die strenge Auflösung dieses Problems die Kräfte unserer Analyse übersteigt, und daß man sich daher mit einer bloßen Annäherung begnügen muß, die uns glücklicherweise durch mehrere Einrichtungen unseres Sonnensystems sehr erleichtert wird. Demungeachtet ist die Aufgabe auch so noch sehr schwer und verwickelt, wie sie denn auch den vorzüglichsten Geometern, die seit Newton gelebt haben, Beschäftigung genug gegeben hat. Gewöhnlich stellt man sich dabei einen imaginären Planeten vor, der sich nach Kepler's Gesetz in einer Ellipse bewegt, deren Elemente selbst sich allmählig ändern, während sich um diesen eingebildeten Planeten der wahre in einer kleinen Bahn bewegt, deren Natur von den periodischen Störungen abhängt, indeß die erwähnten Aenderungen der elliptischen Elemente die säculären Störungen des Planeten geben. Es würde dem Zwecke dieser Schrift ganz unangemessen seyn, uns in eine nähere Darstellung der hieher gehörenden Berechnungen einzulassen, daher wir uns begnügen, nur die vorzüglichsten Resultate derselben mehr geschichtlich, als mit ihren Gründen, anzuführen. — Eine ausführliche und zugleich sehr schöne Darstellung der periodischen und säculären Störungen, gemeinfaßlich und ohne Gebrauch der mathematischen Analysis, hat erst kürzlich Airy in seiner Schrift: Gravitation or elementary explanation of the principal perturbations. Lond. 1834 gegeben, die nächstens in einer deutschen Uebersetzung von C. L. Littrow erscheinen wird, und auf die ich daher hier diejenigen Leser verweise, die an diesem interessanten Gegenstand der Astronomie Antheil nehmen.

§. 92. (Störung der Knoten und Neigungen.) Wenn man sich zwei einander schneidende Planetenbahnen, z. B. auf der Oberfläche eines Globus, verzeichnet, so sieht man gleichsam auf den ersten Blick, daß in Folge der gegenseitigen Anziehung der beiden Planeten die Bahnen derselben sich nähern, und daß daher der gestörte Planet die Ebene des störenden eher erreichen wird, als er ohne diese Störung gethan haben würde. Dieß wird der Fall seyn, der störende Planet mag über, oder, in der anderen Hälfte seiner Bahn, unter der Ebene des gestörten sich befinden. Der Winkel aber, welchen die beiden Bahnen mit einander bilden, wird in der einen Hälfte derselben offenbar vermehrt, und in der andern vermindert werden. Da nun beide Planeten, vermöge ihrer elliptischen Bewegung von West gen Ost, um die Sonne gehen, und da der gestörte Planet, wie gesagt, die Ebene des störenden früher erreicht, so wird dadurch der Knoten beider Bahnen dem Laufe des gestörten Planeten entgegen, also von Ost gegen West gebracht, während im Gegentheile die Neigung beider Bahnen abwechselnd vergrößert und verkleinert wird. Mit andern Worten: durch die Störungen zweier Planeten gegen einander weichen die Knoten der gestörten Bahn auf den störenden immer zurück, während die Neigungen beider Bahnen, kleine

Digitized by Google

periodische Schwankungen ausgenommen, im Allgemeinen als beständig betrachtet werden können.

Dieß gilt von der Lage zweier Planetenbahnen gegen einander. Wenn man aber, wie es dem astronomischen Gebrauche angemessen ist, die Lage eines jeden Planeten auf eine dritte ebenfalls bewegliche Ebene, z. B. auf die Ekliptik bezieht, so hat jene einfache Darstellung nicht mehr Statt, und dann kann der Knoten der gestörten Bahn mit der Ekliptik sowohl vor- als rückwärts gehen, und die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik kann eben so, wie der Knoten, beständig zu- oder abnehmen. Dieß ist selbst dann der Fall, wenn die Ekliptik als eine feste Ebene betrachtet wird. Allein das ist sie nicht, da sie, als die Ebene der Erdbahn, von allen andern Planeten ebenfalls in ihrer Lage am Himmel gestört wird. Nach den astronomischen Rechnungen nähert sich, in Folge dieser Störungen der Erde durch die Planeten, die Ekliptik dem Aequator in jedem Jahrhundert um 48.37 Secunden, während der Durchschnittspunkt derselben mit dem Aequator, oder während der Frühlingspunkt um die kleine Größe von 16.44 Secunden vorwärts, oder von West nach Ost geht. Wir haben aber bereits oben (I. §. 190) gesehen, daß, den Beobachtungen zu Folge, der Frühlingspunkt in einem Jahrhundert um 5021.13 Secunden rückwärts geht, und daß dieß im Allgemeinen eine Folge der Anziehung der Sonne und des Mondes auf die abgeplattete Erde ist, die wir dort die Präcession genannt haben. Da aber die Wirkung der Planeten den Frühlingspunkt in einem Jahrhundert um 16.44 Secunden vorwärts bewegt, so beträgt die eigentliche Wirkung der Sonne und des Mondes 5037.57 Secunden, oder die beobachtete Präcession, nach welcher der Frühlingspunkt in jedem Jahre um 50.2113 Secunden rückwärts geht, besteht aus zwei Theilen. Vermöge des ersten, oder vermöge der Einwirkung der Sonne und des Mondes auf die abgeplattete Erde geht der Frühlingspunkt jährlich um 50.3757 Secunden rückwärts, und vermöge des zweiten, der Einwirkung der Planeten auf die Erdbahn, geht derselbe jährlich um 0.1644 Secunden vorwärts. Der erste ist seiner Natur nach constant, und für alle Zeiten derselbe, wenn anders die mittlere Entfernung jener beiden Gestirne und die Abplattung der Erde sich nicht mit der Zeit ändert. Der zweite Theil aber hängt von der Lage, von der Vertheilung der Planetenbahnen gegen die Erdbahn ab und ist daher veränderlich, da in der Folge der Jahrhunderte diese Lage der Planeten, durch ihre gegenseitigen Störungen selbst, eine ganz andere seyn wird, als diejenige ist, welche wir jetzt beobachten.

§. 93. (Veränderung der Länge des tropischen Jahres.) Diese Bemerkung hat einen wichtigen Einfluß auf die Länge des Jahres, und dadurch auf unsere gesammte Zeitrechnung. Das wahre Jahr der Erde oder die siderische Umlaufszeit (I. §. 100) derselben um die Sonne ist bei ihr, wie bei allen anderen Planeten, eine völlig unveränderliche Größe. Allein das tropische Jahr (I. §. 123), oder die Umlaufszeit der Erde in Beziehung auf den Frühlingspunkt, ist kürzer als das siderische Jahr, und zwar um die Zeit, welche die Erde braucht, mit ihrer mittleren Bewegung den Bogen zurücklegen, welcher von dem Frühlingspunkte vermöge der beobachteten Präcession zurückgelegt wird. Dieser Bogen enthält aber, nach dem Vorhergehenden, einen obschon kleinen Theil, dessen Werth in verschiedenen Jahrhunderten veränderlich ist. Also ist auch die Zeit, in welcher die Sonne diesen Bogen zurücklegt, und somit das tropische Jahr selbst, eine veränderliche Größe.

In unserer Zeit z. B. beträgt jener veränderliche, von den Plane-

Digitized by Google

ten kommende Theil der Präcession, wie oben gesagt wurde, 0.1644 Secunden. Da die Sonne in einem Tage 0° 59' 8.33" zurücklegt, so wird sie einen Bogen von 0.1644" in vier Zeitsecunden beschreiben, d. h. unser gegenwärtiges Jahr ist um 4 Secunden größer, als das wahre oder mittlere tropische Jahr. Die Theorie zeigt, daß das tropische Jahr am größten, nämlich um 38 Secunden größer, als das mittlere, gegen das Jahr 3040 vor Chr. G. war, und daß es seit jener Zeit bis auf unsere Tage abgenommen hat, und noch weiter abnehmen wird, bis zu dem Jahre 7600 nach Chr., wo es am kleinsten, und zwar wieder um 38 Secunden kleiner, als das mittlere seyn, von welcher Zeit an es aber dann wieder allmählig wachsen wird. Die Länge des tropischen Jahres betrug nämlich, den Beobachtungen zu Folge, im Anfange des 19ten Jahrhunderts 365.242255 Tage oder 365 Tage, 5 Stunden, 48 Minuten, 50.83 Secunden. Im Jahre 3040 vor Chr. war seine größte Länge 365 Tage, 5 Stunden, 49 Minuten, 24.83 Secunden. Im Jahre 2360 nach Chr. wird es seine mittlere Länge von 365 Tagen, 5 Stunden, 48 Minuten, 46.83 Secunden, und endlich im Jahre 7600 nach Chr. seine kürzeste Dauer von 365 Tagen, 5 Stunden, 48 Minuten, 8.83 Secunden haben. Seit Hipparch's Zeiten (140 Jahre vor Chr. G.) bis auf unsere Tage ist daher das tropische Jahr, nach welchem sich alle unsere Zeitrechnungen, unser Kalender und selbst unsere Jahreszeiten richten, um 14 Secunden kürzer geworden.

§. 94. (Allgemeine Bemerkungen über die Störungen der Knoten und der Neigungen.) Die folgende kleine Tafel zeigt die durchaus rechtläufige tropische Bewegung der Knoten der älteren Planetenbahnen gegen die Ebene der Ekliptik, und die Aenderung ihrer Neigungen gegen diese Ebene in 100 Jahren.

	Säculäre Aenderung der Knoten.	der Neigung.
Merkur . .	4238.9	18.3 zunehmend
Venus . .	3151.3	4.5 abnehmend
Mars . .	2692.7	0.1 abnehmend
Jupiter . .	3443.6	22.6 abnehmend
Saturn . .	2754.7	15.5 abnehmend
Uranus . .	1423.2	1.1 zunehmend.

Subtrahirt man die Zahlen der ersten Columne dieser Tafel von der beobachteten Präcession 5021".13 in einem Jahrhundert, so erhält man die säculäre siderische Bewegung dieser Knoten in Beziehung auf die Fixsterne, die daher, wie man sieht, durchaus rückgängig, oder von Ost nach West gerichtet ist. So ist die säculäre siderische Bewegung der Knoten Merkurs 782.23", der Venus 1869.8" u. s. w. Uebrigens sind alle diese Zahlen nur genähert und können bloß für einige Jahrhunderte vor und nach der gegenwärtigen Zeit gelten, daher man auch nicht annehmen darf, daß z. B. die Knoten der Planetenbahnen auf der Ekliptik immer in derselben Richtung fortgehen, oder daß die Neigungen derselben immerwährend zu- oder abnehmen. Vielmehr sind diese Größen alle in bestimmte Gränzen eingeschlossen, die sie nie übersteigen können. So wanken z. B. die aufsteigenden Knoten der Jupitersbahn immer zwischen den beiden Längen von 90 und 117 Graden, und die des Saturn zwischen 72 und 136, so daß der mittlere Ort beider Knoten nahe in der Länge von 104 Graden liegt, von welchen die Ausweichung bei Jupiter 13, und die bei Saturn 32 Grade beträgt. Eben so ist auch die Neigung der Jupiters-

Digitized by Google

bahn gegen die Ekliptik immer zwischen den Gränzen 1°17′ und 2°3′, und die der Saturnsbahn zwischen 0°47′ und 2°33′ enthalten, aber die Perioden, in welchen diese Größen von einer Gränze zur andern übergehen, schließen eine große Anzahl von Jahrhunderten, nahe 25000 Jahre, in sich, und beide werden erst von unsern spätern Nachkommen mit der nöthigen Schärfe bestimmt werden können.

§. 95. (Säculäre Störungen der Apsidenlinie.) Nachdem wir so die Aenderungen beider Elemente, durch welche die Lage der Planetenbahnen im Weltraume bestimmt wird, kennen gelernt haben, wollen wir nun auch diejenigen Störungen betrachten, welche die Excentricitäten, die Lage der großen Axen der Ellipsen, und endlich die Größe dieser Axen selbst erleiden.

Die Aenderung der Lage der großen Axen oder der Länge der Apsiden hat das Eigenthümliche, daß sie, und zwar sie allein, nicht in bestimmte Gränzen eingeschlossen ist, zwischen welchen sie periodisch auf und nieder gehen, sondern daß sie mit der Zeit immerwährend nach derselben Seite fortschreiten und endlich die ganze Peripherie des Kreises, oder volle 360 Grade zurücklegen. Die folgende Tafel gibt die tropische säculäre Bewegung des Perihelinms der älteren Planeten, die bei allen direct oder von West nach Ost gerichtet ist.

Merkur . .	5604.7
Venus . . .	4753.3
Erde . . .	6200.9
Mars . . .	6603.6
Jupiter . .	5685.0
Saturn . .	6958.2
Uranus . .	5260.5.

Subtrahirt man von diesen Zahlen die säculäre Präcession 5021.1″, so erhält man die eigentliche oder siderische Bewegung der Apsiden in hundert Jahren, die also bei Merkur 583.6′, und bei der Erde 1179.8″ beträgt, und die ebenfalls bei allen Planeten, Venus allein ausgenommen, direct ist. Nach dieser Tafel fiel das Perihelium der Erdbahn nahe um das Jahr 4100 vor Christi Geburt mit dem Frühlings-Nachtgleichenpunkte zusammen, und es ist immer merkwürdig, daß die meisten Chronologen die Entstehung der Erde in dieselbe Zeit gesetzt haben. Um das Jahr 1250 nach Christus machte die große Axe der Erdbahn mit der Linie der Nachtgleichen einen rechten Winkel, und im Anfange des 19ten Jahrhunderts fiel das Perihelium der Erdbahn nahe mit der Linie des Wintersolstitiums zusammen. Die näheren Folgen dieser Bewegung der Apsidenlinie wurde schon oben (I. §. 152) angeführt. Hier wollen wir nur noch bemerken, daß die Lage der großen Axe einer Planetenbahn, wenigstens so lange die Excentricität derselben nur gering ist, weder auf ihren eigenen, noch auf die anderen Planeten irgend einen wesentlichen Einfluß äußern kann, und daß es daher im Allgemeinen gleichgültig ist, nach welchem Punkte des Himmels dieselbe gerichtet ist. Dieß ist wahrscheinlich auch die Ursache, warum die Bewegung derselben in keine Gränzen eingeschlossen ist, sondern sich mit der Zeit über alle Punkte ihres Umkreises verbreitet.

§. 96. (Säculäre Störung der Excentricität.) Nicht so mag es sich aber mit der Größe der Excentricität dieser elliptischen Bahnen verhalten, da von dieser die mittlere Temperatur der Oberfläche der Planeten, und die Größe der Variation der Jahreszeiten abhängt. Man kann durch eine einfache Rechnung zeigen, daß der mittlere Betrag der Er-

Digitized by Google

wärmung und Erleuchtung, die ein Planet von der Sonne erhält, wenn die große Axe der Bahn dieselbe bleibt, sich wie die kleine Axe dieser Bahn verhält. So wie diese letzte sich ändert, ändert sich auch die Excentricität, und also auch die Temperatur auf der Oberfläche des Planeten.

Bei der Erde z. B. beträgt die Aenderung der Distanz derselben von der Sonne nahe den 30sten Theil ihrer mittleren Entfernung, und die erwärmende Kraft der Sonne im Winter und Sommer wird demnach auf das Doppelte oder auf den 15ten Theil des Ganzen steigen. Wenn daher die Excentricität der Bahn der Erde oder die eines andern Planeten einmal sehr groß werden könnte, so würde dadurch der Unterschied der beiden jährlichen Extreme der Temperatur ebenfalls sehr beträchtlich, und endlich dem Pflanzen- und Thier-Reiche schädlich werden können. Jetzt nämlich hängt die Verschiedenheit der Temperatur unserer Jahreszeiten beinahe ganz nur von der schiefen Stellung der Erdaxe gegen die Ekliptik ab, nicht aber von der Entfernung der Sonne, die sogar in unserem Winter kleiner ist, als im Sommer. Wenn aber die Excentricität der Erdbahn größer und z. B. die Sonne zu einer Zeit zwei- oder dreimal weiter von uns wäre, als zu einer anderen, so würde die große Verschiedenheit der Entfernung der Sonne einen sehr merklichen Einfluß auf unsere Temperatur äußern. Dann würde nämlich, wegen der Bewegung des Periheliums, die Zeit der Sonnennähe oder die Zeit der größten Hitze, nach einander alle Monate des Jahres durchlaufen, und diejenigen beiden Hauptursachen der Temperatur, die schiefe Stellung der Erdaxe und die Verschiedenheit der Entfernung der Sonne von der Erde, würden sich zuweilen gegenseitig aufheben oder neutralisiren, zuweilen aber auch wieder mit einander verbinden und so die Hitze des Sommers, so wie die Kälte des Winters ganz unerträglich machen. Dieß ist aber nicht der Fall, und die Analyse zeigt, daß die Excentricitäten aller Planetenbahnen, so wie oben die Knoten und Neigungen, in Gränzen, und zwar in sehr enge Gränzen eingeschlossen sind, die sie nie übersteigen können. Die folgende Tafel zeigt diese Aenderungen der Excentricitäten in hundert Jahren für die älteren Planeten in unseren Zeiten:

Merkur	. .	0.000004 zunehmend
Venus	. .	0.000062 abnehmend
Erde	. . .	0.000042 abnehmend
Mars	. . .	0.000090 zunehmend
Jupiter	. .	0.000159 zunehmend
Saturn	. .	0.000312 abnehmend
Uranus	. .	0.000025, abnehmend.

Man sieht daraus, daß die Excentricität bei Merkur, Mars und Jupiter wächst, während sie bei allen übrigen abnimmt, oder daß die Bahnen der drei ersten Planeten sich jetzt immer mehr von der Kreisgestalt entfernen, während die vier andern sich dieser Gestalt immer mehr nähern. Aber in der Folge der Jahrhunderte wird sich dieses Verhältniß ändern, und die ersten werden sich allmählig wieder zu Kreisen abrunden, während die andern sich davon entfernen, ohne doch je, weder in die Kreisform, noch in die einer stark abgeplatteten Ellipse überzugehen.

Die größten und kleinsten Werthe der Excentricität der Erdbahn haben wir bereits oben angegeben. Sie ist immer zwischen den beiden Gränzen von 0.00393 und 0.01960 enthalten, und sie legt den Weg zwischen ihnen erst in 48000 Jahren zurück. Wenn man eben so bloß die

Digitized by Google

gegenseitige Wirkung der zwei größten Planeten unseres Sonnensystems betrachtet und den viel geringeren Einfluß der übrigen Planeten übergeht, so zeigt die Analyse, daß die Excentricität Jupiters zwischen den Gränzen 0.0604 und 0.0261, und die des Saturn zwischen 0.0841 und 0.0134 liegen, so daß die größte Excentricität des einen dieser Planeten immer mit der kleinsten des andern zu gleicher Zeit Statt hat, oder daß die eine wächst, während die andere abnimmt. Die Periode zwischen beiden Extremen beträgt bei beiden Planeten nahe 70000 Jahre. Um das Jahr 16000 vor Chr. G. war die Excentricität Jupiters am kleinsten, oder seine Bahn kam damals einem Kreise am nächsten, während zu derselben Zeit die Bahn des Saturn am meisten von der Kreisform entfernt war. Seit jener Epoche wächst die Excentricität Jupiters, und nimmt die von Saturn ab, bis gegen das Jahr 54000 nach Chr. jene am größten, und diese am kleinsten seyn wird. Aehnliche Erscheinungen zeigen auch die anderen Planeten, aber es ist schwer, sie jetzt schon mit Genauigkeit zu bestimmen, weil die Massen der Planeten noch nicht mit hinlänglicher Schärfe bekannt sind. Wenn aber einmal unsere späten Nachkommen die von den gegenwärtigen sehr verschiedenen säculären Störungen ihrer Zeit beobachtet haben werden, so werden sie zugleich das Mittel besitzen, aus diesen Differenzen der Störungen jene Massen selbst mit der größten Präcision abzuleiten.

Dadurch werden sie sich in den Stand gesetzt sehen, auf die Veränderungen zurückzugehen, welche unser Planetensystem vor vielen Jahrtausenden erlitten hat, so wie sie zugleich mit Sicherheit diejenigen bestimmen werden, welche erst die Folge der künftigen Zeiten herauf führen wird, so daß dann der Geometer durch die Hülfe seiner Analyse alle vergangenen und künftigen Phänomene dieses Systems gleichsam mit einem einzigen Blicke zu übersehen im Stande seyn wird.

§. 97. (Säculäre Störungen als Mittel zur Bestimmung der Massen.) Außer den Mitteln nämlich, die wir oben (Kap. III.) zur Bestimmung der Massen der Planeten angegeben haben, und die sich nur auf die von Satelliten begleiteten Planeten beziehen, geben diese Störungen, welche die Planeten überhaupt von einander erleiden, noch einen andern, und zwar oft sehr sichern Weg, die Massen derselben zu bestimmen. Nach dem Gesetze der allgemeinen Schwere (§. 43) verhält sich die Anziehung jedes Körpers wie seine Masse, dividirt durch das Quadrat der Entfernung desselben von dem angezogenen Körper. Wie mannigfaltig daher auch diese Attraction eines Planeten auf den andern durch äußere Umstände modificirt werden mag, immer wird die eigentliche Größe dieser Anziehung von der Masse des anziehenden Planeten abhängen, oder immer wird der analytische Ausdruck der Störung, welche ein Planet auf den andern ausübt, die Masse des störenden Planeten als Factor enthalten. Wird nun in der Zeitfolge die wahre Größe dieser Störung durch unmittelbare Beobachtung genau bestimmt, so wird man diesen numerischen Ausdruck jenem analytischen Ausdrucke derselben gleich setzen, und dadurch eine sogenannte Gleichung erhalten, in welcher man die Masse des störenden Planeten als die einzige unbekannte Größe anzusehen, und daher dieselbe durch Hülfe dieser Gleichung zu bestimmen hat. Dieses Verfahren läßt sich, wie man sieht, nicht nur bei den säculären, sondern auch bei den periodischen Störungen der Planeten immer dort mit Nutzen anwenden, wo diese Störungen selbst groß genug sind, um durch die Beobachtungen mit Schärfe aufgefaßt und von anderen unterschieden zu werden. Auf diese Weise hat man in den neueren Zeiten die Masse Jupiters durch die Störungen, welche er auf die vier neuen Pla-

Digitized by Google

neten ausübt, mit einer viel größeren Schärfe bestimmt, als es früher durch die Beobachtung der vier Satelliten dieses Planeten möglich war, eine Verbesserung von großer Wichtigkeit, da Jupiter unter allen Planeten bei weitem die größte Masse hat, und daher auch auf das ganze Planetensystem den bedeutendsten Einfluß äußert. Künftig wird es daher besser seyn, die Beobachtungen dieser Satelliten nnd der Störungen, die sie von der Sonne erleiden, zur Bestimmung ihrer eigenen Massen zu benützen, wie dieß Laplace mit den vier Monden Jupiters schon gethan hat. Er hat auf diesem Wege die Massen dieser Satelliten, wie folgt, gefunden.

Masse Jupiter's . . .		1
„ des I.	Satelliten	0.000017
„ des II.	„	0.000023
„ des III.	„	0.000088
„ des IV.	„	0.000043.

Die Bewegungen der sieben Monde Saturns und noch mehr die der sechs des Uranus, sind uns noch zu wenig bekannt, um sie zu demselben Zwecke anwenden zu können, und zwar, weil sie selbst, besonders die letzten, sehr lichtschwach und demnach nur mit den vorzüglichsten Telescopen zu sehen sind. Es ist überraschend, diese kleinen Körper, diese Atome des Himmels in derselben Waage abwägen zu sehen, in welcher wir oben (Kap. III.) das Gewicht der ungeheueren Masse der Sonne bestimmt haben, deren Masse die des kleinsten dieser Satelliten wenigstens fünfzig Millionenmal übertrifft.

Bemerken wir noch zum Schlusse dieses Gegenstandes, daß die Bewegungen, welche durch die gegenseitigen Störungen der Planeten in den Excentricitäten ihrer Bahnen hervorgebracht werden, zu den langsamsten gehören, die wir in der Natur finden. Die Excentricität der Merkursbahn ändert sich in hundert Jahren erst um den 0.000004sten Theil ihrer Halbaxe, d. h. um nahe $31^3/_{10}$ Meilen, so daß also diese Excentricität in einem Tage nur um nahe 20 Fuß zunimmt, während Merkur selbst in dieser Bahn im Mittel täglich sich um 576000 Meilen bewegt, und während das Licht in derselben Zeit 3620 Millionen Meilen zurücklegt, also in der Zeit von einer einzigen Secunde die sogenannte Reise um die Welt, oder den Weg von 5400 Meilen, achtmal gemacht hat, so daß also das Licht nahe vier Billionenmal geschwinder ist, als die Veränderung der Excentricität der Merkursbahn.

Kapitel VIII.

Gestalt und Atmosphären der Planeten.

§. 98. (Anfängliche runde Gestalt der Körper.) Nachdem wir in den beiden vorhergehenden Kapiteln die Wirkungen der gegenseitigen Anziehung der Planeten untersucht haben, welche sie auf die Bahnen und auf

Digitized by Google

den Ort dieser Körper in ihren Bahnen äußert, wollen wir nun noch kurz den Einfluß betrachten, welchen dasselbe Gesetz der allgemeinen Attraction auf die Gestalt der Planeten sowohl, als auch auf die ihrer atmosphärischen Umgebungen ausübt.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Körper nicht auf einmal, sondern daß sie erst nach und nach aus der primitiven Materie, aus dem Urstoffe des Weltalls entstanden sind, in welchem einzelne vorherrschende Punkte die sie zunächst umgebende, anfangs wahrscheinlich noch flüssige Masse anzogen, und in mehr oder weniger regelmäßigen Schichten um sich ablagerten. Wo immer jene Materie nahe gleichförmig vertheilt war, und wo diese Ablagerung in einer bestimmten Ordnung vor sich ging, mußte sich auch der so entstehende und allmählig fortbildende Körper zu einer regelmäßigen Form, im Allgemeinen zur Kugelform ausbilden, deren Dichtigkeit gegen den Mittelpunkt derselben immer größer wurde, weil hier die Kraft der Anziehung des Mittelpunktes sowohl, als auch der Druck der weiter entfernten Schichten größer war, als in bedeutenden Distanzen von dem Mittelpunkte. Wir sehen in der That diese Art der Entstehung und Fortbildung bei allen flüssigen Körpern der Erde, und jeder Regentropfen kann uns als Beispiel für jene großen Tropfen des Himmels dienen.

§. 99. (Abplattung durch Rotation.) Da aber diese Ablagerungen ohne Zweifel nicht in ganz ungestörter Ordnung vor sich gehen, und da während der allmähligen Ausbildung des neuen Weltkörpers, auch andere, ihm benachbarte, auf ihn einwirken konnten, so ist es auch nicht wahrscheinlich, daß diese Kugelgestalt derselben ganz rein erhalten werden konnte. Der anfangs noch weiche Planet, dessen feste und flüssige Theile noch unter einander gemischt waren, und der durch die Anziehung der benachbarten Körper in eine Bewegung um sich selbst, in Rotation gesetzt wurde, mußte durch die Centrifugalkraft (I. §. 21) dieser Rotation an seinem Aequator sich erheben und die Gestalt einer an ihren beiden Polen abgeplatteten Kugel erhalten. Die Beobachtungen zeigen uns in der That diese Gestalt bei allen Himmelskörpern, die uns nahe genug sind, um ihre Abplattung noch zu unterscheiden.

Man kann durch Rechnung streng beweisen, daß eine Masse von durchaus gleicher Dichte durch die Rotation die Gestalt eines Sphäroids, d. h. eines Körpers erhalten müsse, der durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden ist. Wendet man diese Rechnungen unmittelbar auf unsere Erde an, so findet man ihre Abplattung nahe gleich $^1/_{540}$. Allein nach den Beobachtungen ist sie gleich $^1/_{300}$, also nahe doppelt so groß, zum Zeichen, daß die Voraussetzung einer durchaus gleichen Dichte der Erdmasse unzulässig ist.

§. 100. (Rücksicht auf die verschiedene Dichtigkeit der Erdmasse.) In der That ist es auch nebst den so eben angeführten, auch noch aus anderen Gründen sehr wahrscheinlich, daß die Dichte der Erde gegen ihren Mittelpunkt zunimmt. Schon die zur Bewohnbarkeit der Erde für Thiere und Pflanzen so nothwendige Stabilität der Meere fordert es, daß die mittlere Dichte der festen Erde viel größer sey, als die Dichte des Wassers, weil sonst die von Winden bewegten Wellen des Oceans immerwährend aus ihren Gestaden treten, und das Festland überschwemmen würden, wie dieß z. B. der Fall wäre, wenn unsere großen Meeresbecken Quecksilber statt Wasser enthielten. — Bei einer nicht homogenen Erdmasse aber hat die theoretische Bestimmung ihrer Gestalt große Schwierigkeiten. Doch ist man endlich dahin gekommen, zu zeigen, daß auch in diesem Falle noch die Erde eine elliptische Gestalt haben müsse, wenn

Digitized by Google

sie mit sich selbst im Gleichgewichte verbleiben soll. Dieselbe Analyse hat uns zugleich gelehrt, daß die beiden Bewegungen der Erdaxe, die wir oben (I. Kap. 12) unter dem Namen der Präcession und Nutation kennen gelernt haben, eine bloße Folge der Anziehung des Mondes und der Sonne auf die abgeplattete Erde sind. Die nähere Angabe der hieher gehörenden Berechnungen würde aber dem Zwecke dieser Blätter unangemessen seyn.

§. 101. (Entfernung des ursprünglichen Stoßes von dem Mittelpunkte des Planeten.) Es wurde bereits oben (I. Kap. 2 und 4) gezeigt, daß sich die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne sowohl, als auch zugleich die tägliche Rotation um ihre Axe aus einem anfänglichen Stoße oder Zuge erklären läßt, dessen Richtung weder durch den Mittelpunkt der Sonne, noch auch durch den der Erde gegangen ist. Wir haben gesehen (§. 64), auf welche Weise durch die Größe eines solchen ursprünglichen Stoßes die Gestalt des Kegelschnittes, in welchem der Planet um die Sonne geht, näher bestimmt wird. Ganz eben so läßt sich nun auch durch eine sehr einfache Rechnung derjenige Punkt des Halbmessers des Planeten bestimmen, auf welchen jener Stoß gerichtet seyn mußte, damit der Körper eben diese und keine andere Rotation um seine Axe erhalte. Bei der Erde z. B. war dieser Punkt nahe 0.006 eines Erdhalbmessers, also nur sehr wenig von dem Mittelpunkte der Erde entfernt, daher auch die Abplattung der Erde nicht groß, die Umdrehungszeit derselben im Gegentheile noch bedeutend groß ist.

Bei Jupiter aber betrug diese Entfernung nahe 0.38 seines Halbmessers, eine viel größere Distanz, als bei der Erde. Daher auch die Abplattung dieses Planeten $^1/_{14}$ oder sehr groß, und die Umdrehungszeit (nahe 10 unserer Stunden) so ungemein klein ist. Bei dem Monde endlich ist diese Entfernung nur 0.002 seines Halbmessers, also noch viel kleiner, als bei der Erde, daher auch seine Rotation, die bekanntlich seiner Revolution gleich ist, volle $27^3/_{10}$ Tage dauert.

§. 102. (Mittelpunkt der freien Rotation der Planeten.) Sowohl die jährlichen Bewegungen der Planeten um die Sonne, als auch die täglichen Rotationen derselben um ihre Axe, gehen alle in derselben Richtung, von West gegen Ost, vor sich. Und dasselbe gilt auch von den Satelliten dieser Planeten. Es ist dieß eine Eigenheit unseres Sonnensystems, auf die wir später wieder zurückkommen werden, und die, wie es scheint, ganz vorzüglich zur Erhaltung desselben beiträgt. Diesem gemäß, hat also jeder Punkt derjenigen Hälfte der Planeten, die eben der Sonne zugekehrt ist, eine doppelte und in ihrer Richtung entgegengesetzte Bewegung, nämlich erstens die um die Sonne, die überhaupt allen Punkten des Planeten gemein ist und von West nach Ost geht, und zweitens die tägliche um die Axe des Planeten, die in dieser Hälfte von Ost nach West geht, also mit der vorhergehenden eine *entgegengesetzte* Richtung hat. Diese letzte ist, da sie aus der Rotation entspringt, desto größer, je weiter der Punkt, den man eben betrachtet, von dem Mittelpunkte des Planeten entfernt ist, welcher letzte gar keine tägliche Bewegung hat. Es wird daher in dieser der Sonne zugekehrten Hälfte des Planeten auch irgend einen Punkt geben müssen, dessen jährliche, östliche Bewegung genau gleich der täglichen, westlichen ist, und der daher, während der doppelten Bewegung des Planeten, als vollkommen *ruhend* betrachtet werden kann. Man nennt in der Mechanik diesen Punkt den *Mittelpunkt der freien Rotation*, und man findet seine Entfernung von dem Mittelpunkte des Planeten, wenn man die Größe 0.4 durch die so eben betrachtete Entfernung des ursprünglichen

Digitized by Google

Stoßes dividirt. So hatten wir für die Erde die Entfernung des Stoßes gleich 0.006 gefunden, also ist auch die Distanz des ruhenden Punktes von dem Mittelpunkte der Erde gleich $^{0.4}/_{0.006}$ oder $66^{2}/_{3}$ Halbmessern der Erde, so daß also hier dieser Punkt weit außer die Erde, zwischen sie und die Sonne fällt. Bei Jupiter ist diese Distanz gleich 1.06, so daß also hier der Mittelpunkt der freien Rotation sehr nahe an der Oberfläche des Planeten liegt. Bei dem Monde endlich ist sie gleich 200 Mondhalbmesser, oder nahe 60 Erdhalbmesser, d. h. sehr nahe gleich der mittleren Entfernung des Mondes von der Erde. Für den Mond fällt also jener Punkt sehr nahe in den Mittelpunkt der Erde, ein merkwürdiges Zusammentreffen, das vielleicht noch einmal nähere Aufschlüsse über das geheimnißvolle Band geben wird, welches den Mond mit der Erde verbindet.

§. 103. (Alter der Erde.) Da der ursprüngliche Stoß, von welchem wir oben gesprochen haben, die Bewegung der Erde um die Sonne in der Ebene der Ekliptik erzeugt hat, so muß die Richtung dieses Stoßes mit der Ekliptik selbst parallel, und zugleich nahe senkrecht auf die ursprüngliche Entfernung der Erde von der Sonne gewesen seyn, weil die elliptische Bahn derselben eine so geringe Excentricität hat, oder einer kreisförmigen Bahn so ähnlich ist, in welcher bekanntlich der Halbmesser auf der Tangente des Kreises immer senkrecht steht. Da aber auch derselbe anfängliche Stoß die Ursache der täglichen Rotation der Erde um ihre Axe seyn soll, und da diese Rotation in der Ebene des Aequators vor sich geht, so muß die Richtung desselben aus derselben Ursache auch mit der Ebene des Aequators parallel gewesen seyn. Daraus kann man den Schluß ableiten, daß die Erde zur Zeit ihrer Entstehung in einer ihrer zwei Solstitien gewesen seyn muß, weil nur dort die Ekliptik dem Aequator parallel liegt, und daß sie zugleich in einer ihrer beiden Apsiden gewesen seyn muß, weil nur in diesen beiden Punkten die Bahn der Erde auf ihrer Entfernung von der Sonne senkrecht steht. Die Erde scheint daher in der Nähe einer der beiden Sonnenwenden, und zwar zu einer Zeit entstanden zu seyn, wo die Apsiden der Erdbahn mit diesen Sonnenwenden zusammenfielen. Nimmt man an, daß die Länge des Periheliums der Erde im Jahre 1800 unserer Zeitrechnung 99° 30′, und daß die tropische Bewegung desselben in 100 Jahren 1°.722 beträgt, so fiel die große Axe der Erdbahn oder die Apsidenlinie derselben mit einer der beiden Sonnenwenden zusammen in den Jahren 9204 oder 19656 oder 30108 u. s. w. vor dem Anfange unserer Zeitrechnung. Ueberhaupt aber hat man folgende Lagen des Periheliums der Erdbahn für verschiedene Jahrhunderte (vergl. I. §. 153):

Jahr.	Coincidenz des Perihels der Erdbahn.
19656 vor Chr. G. . .	mit dem Sommersolstitium.
14430 „ „ „ . .	mit dem Herbstpunkt.
9204 „ „ „ . .	mit dem Wintersolstitium.
3978 „ „ „ . .	mit dem Frühlingspunkt.
1248 nach Chr. G. . .	mit dem Sommersolstitium.
6474 „ „ „ . .	mit dem Herbstpunkt.
11700 „ „ „ . .	mit dem Wintersolstitium u. s. w.

Diese Tafel mag unseren allzeitfertigen Geologen Stoff zu neuen Hypothesen geben; wir wollen uns begnügen, sie angezeigt zu haben. Auch mag es dem bloßen Rechner erlaubt seyn, solchen Spekulationen einen Augenblick nachzuhängen, ohne jedoch einen größeren Werth darauf zu legen, als sie in der That verdienen. Uebrigens ist das hohe Alter

Digitized by Google

unserer Erde wohl keinem bedeutenden Zweifel unterworfen, vielmehr vereinigen sich mehrere Erscheinungen für dasselbe. Wir haben bereits oben (I. Kap. 12) von den Thierkreisen zu Esne und Denderah in Ober-Aegypten gesprochen. Aber noch ältere Denkmäler scheint Indien aufzuweisen, welches Land, nach John Call's neuesten Untersuchungen, vom Ganges bis zum Cap Comorin viele Spuren einer sehr frühen Cultur enthält, da diese Gegenden ganz mit Palläſten, Tempeln und den Ruinen derselben bedeckt sind, deren Bauart von einer bereits sehr weit vorgerückten Kunst zeugt. In einem dieser Tempel fand er einen Thierkreis, der das Sonnensolstitium in dem Sternbilde der Jungfrau zeigt, wo dasselbe am Himmel bereits vor 10000 Jahren gestanden hat. Eben so fand A. Humboldt in Amerika auf dem Felsen im Norden der Ruinen von Cannr, unter dem siebenten Grad der nördlichen Breite, Zeichnungen und Inschriften, die offenbar das Werk eines sehr gebildeten Volkes gewesen seyn müssen, das aber vor undenklichen Zeiten daselbst gelebt haben mag, da die gegenwärtigen Bewohner dieser Gegenden weder eine Erinnerung an sie aufbehalten haben, noch auch über die Bedeutung dieser Inschriften etwas mittheilen konnten. Nach Pallas findet man in Sibirien nordöstlich vom Baikalsee ähnliche, viele Meilen weit fortlaufende, mit Charakteren und Zeichnungen bedeckte Felsen. Dieses Land enthält in seinem Boden mehr fossiles Elfenbein, als ganz Indien jetzt an lebenden Elephanten hat. Wenn Chevalier's Conjecturen gegründet sind, so müssen die berühmten Eisenminen der Insel Elba und Korsika schon seit vierzig tausend Jahren bebaut worden seyn.

Wie sich aber auch diese und andere Erscheinungen verhalten mögen, die man für das hohe Alter der Erde anführen kann, immer wird man mit dem folgenden Ausspruche eines unserer ersten und ausgezeichnetsten Naturforscher übereinstimmen müssen: Nous voyons l'homme vivre et mourir sur les ruines d'un vaste édifice reconstruit, renversé et reconstruit encore, sans que l'imagination même la plus active puisse atteindre et fixer les premiers bouleversemens.

§. 104. (Höhe der Atmosphäre.) Unsere Erde ist bekanntlich von einer luftförmigen Hülle, von einer Atmosphäre umgeben, deren Daseyn die Beobachtungen auch schon bei Venus, Mars und Jupiter nachgewiesen haben, und die vielleicht bei keinem Himmelskörper fehlt. Es scheint, daß die Elasticität derselben, die an der Oberfläche der Erde dem Drucke der auf ihr lastenden obern Schichten proportional ist, in größeren Höhen viel schneller, als dieser Druck abnimmt, und daß dadurch eine Verdünnung der höheren Luft entsteht, bei welcher sie ganz ohne Elasticität ist, und wo sie daher ihre Gränze haben muß. Diejenige Höhe der Luft, wo sie noch Kraft genug hat, die Sonnenstrahlen zurückzuwerfen, hat man, aus den Erscheinungen der Morgen- und Abend-Dämmerung, zu zehn d. Meilen berechnet. Allein die Sternschnuppen und andere meteorische Phänomene scheinen nach den bisherigen Beobachtungen selbst eine Höhe von dreißig und mehr Meilen über der Oberfläche der Erde zu erreichen, und diejenigen Gegenden der Atmosphäre, in welcher noch Wärme, Licht und Electricität thätig ist, liegen wahrscheinlich in einer noch viel größeren Höhe.

Die eigentliche letzte Gränze der Atmosphäre muß ohne Zweifel dort angenommen werden, wo die Centrifugalkraft der mit der Erde zugleich rotirenden Luft mit der Schwere der Erde gleich groß geworden ist, da sich die Luft jenseits dieser Gränze, wo die Centrifugalkraft überwiegt, von der Erde entfernen müßte und nicht mehr bei ihr bleiben könnte. Wegen dieser Centrifugalkraft wird also auch die Atmosphäre, so wie die

Digitized by Google

Erde selbst, an ihren Polen abgeplattet seyn und unter dem Aequator eine erhabene Gestalt annehmen. Wegen der ungemeinen Beweglichkeit ihrer Elemente und der großen Entfernung derselben von der Erde wird diese Abplattung sehr bedeutend seyn können. Die Rechnung zeigt aber, daß diese Abplattung ihre Gränzen habe, die sie nicht übersteigen kann, und daß, bei der größtmöglichen Abplattung, die kleine Axe des Luftsphäroids zur großen sich wie die Zahlen 2 zu 3 verhalten müsse.

§. 105. (Zodiakallicht.) Man hat das Zodiakallicht als die Atmosphäre der Sonne ansehen wollen. Dieses der Milchstraße ähnliche, aber hellere Licht erstreckt sich in der Gestalt eines Kegels, dessen Basis die Sonne ist, und dessen Axe in der Ekliptik liegt, selbst noch weit über die Erdbahn heraus. Man sieht es am deutlichsten, besonders in den Tropenländern, in den Monaten April und Mai gleich nach Sonnenuntergang, und im September und October kurz vor Sonnenaufgang. Es hat die Gestalt einer schmalen Linie, deren große Axe veränderlich scheint, aber wenigstens fünfmal größer ist, als die kleine. Schon dieses Verhältniß der beiden Axen zeigt aber, daß das Zodiakallicht keine Atmosphäre der Sonne seyn kann, bei welcher, nach dem Vorhergehenden, dieses Verhältniß, selbst wenn es am größten ist, nur gleich 3 zu 2 seyn kann. Auch läßt sich durch Rechnung zeigen, daß die Atmosphäre der Sonne, wenn sie existirt, noch lange nicht bis zur Bahn des Merkurs sich erstrecken kann, da doch das Zodiakallicht noch über die Erdbahn herausgeht. Vielleicht besteht dasselbe bloß in dem durch die Nähe der Sonne verdichteten Aether, an dessen Daseyn im Weltraume man jetzt nicht wohl mehr zweifeln kann; vielleicht ist dieses Licht ein Ausfluß, eine Sammlung von Kometenmaterie, die bei dem Durchgange dieser Himmelskörper durch ihr Perihelium abgesetzt wird und sich um die Sonne lagert; vielleicht ist es ein eigenthümlicher, schwacher Nebel, in welchen die Sonne eingehüllt ist, so daß dann dieselbe zu den Nebelsternen gezählt werden müßte. Immer scheint es, daß wir die nähere Untersuchung dieses räthselhaften Gegenstandes unsern Nachkommen überlassen müssen.

Kapitel IX.

Ebbe und Fluth des Meeres und der Atmosphäre der Erde.

§. 106. (Imposantes Schauspiel der Ebbe und Fluth.) Obschon das die Erde bedeckende Meer schon seit Jahrtausenden mit ihr und mit sich selbst im Gleichgewichte zu schweben scheint und die Gestade nicht mehr

Digitized by Google

verläßt, die es in der Vorzeit so oft durchbrochen hat, um das Festland mit seinen Fluthen zu bedecken, so sieht man doch diese gewaltige Wassermasse in regelmäßiger Oscillation sich täglich auf und nieder bewegen und sich von dem Mittelpunkte der Erde erheben, um bald darauf wieder zu ihm zurücksinken. Es ist in der That ein erhabenes Schauspiel für den stillen Zuschauer am Ufer des Meeres, zu sehen, wie die Fluthen desselben hin und wieder wogen und sich ungestüm an den sie einschließenden Gestaden brechen, die sie wechselweise zu erstürmen und wieder zu verlassen streben. Daß der Mond in jedem Monate um die Erde, daß die Erde in jedem Jahre um die Sonne, und in jedem Tage um sich selbst geht — dieß sind allerdings große und wunderbare Erscheinungen. Aber wir fühlen sie nicht und sind bereits längst daran gewöhnt. Nur das feinere Auge des Geometers und des Astronomen lehrte uns diese Bewegungen kennen, die für den größten Theil der übrigen Menschen beinahe ganz unbemerkt vorüber gehen. Aber dieselben Kräfte, welche diese Phänomene erzeugen, sind auch zugleich die Ursache jenes periodischen und selbst den gleichgültigsten Zuschauer ergreifenden Auf- und Niederwogens des Weltmeeres, in welchem die Natur, die sonst ihre Geheimnisse der allgemeinen Schwere so sorgfältig vor unseren Blicken zu verbergen scheint, uns dieselben mit großen unverkennbaren und selbst den rohesten Wilden verständlichen Charakteren geoffenbart hat.

§. 107. (Erscheinung der Ebbe und Fluth im Allgemeinen.) Zweimal an jedem Tage erheben und senken sich die Gewässer des Oceans in immer wieder kommender regelmäßiger Folge. Die ersten sechs Stunden des Tages sind sie im Steigen begriffen; sie überschwemmen ihre flachen Gestade, suchen die steilen Küsten zu erstürmen und dringen in die Mündungen der Flüsse ein, um sie meilenweit vor ihren Ufern anzuschwellen. Dieß ist die Zeit der Fluth (flux). Wenn das Wasser seine größte Höhe erreicht hat, verweilt es daselbst als Hochmeer (haute mer). Bald darauf sinkt es eben so regelmäßig wieder zu seiner ersten Tiefe herab, die Zeit der Ebbe (reflux), die ebenfalls nahe sechs Stunden dauert, bis es seine größte Tiefe (basse mer) erreicht hat, wo es einige Zeit verweilt, um dann wieder zu seiner früheren Höhe zu steigen und in derselben Ordnung dieselben Veränderungen regelmäßig zu durchlaufen.

Diese Bewegungen des Weltmeeres werden allerdings durch die Wirkung der Winde vermehrt, aber sie entspringen nicht aus ihnen, da man die Ebbe und Fluth auch bei dem stillsten Wetter und dem reinsten Himmel immer in derselben Ordnung abwechseln sieht. Diese Ordnung ist so groß, daß man die verschiedenen Momente dieser Erscheinungen für verschiedene Orte selbst auf ganze Jahre mit derselben Sicherheit voraussagen kann, mit welcher die Astronomen die Finsternisse der Sonne und des Mondes bestimmen.

§. 108. (Perioden der Ebbe und Fluth.) Diese Regelmäßigkeit des Phänomens setzt eine eben so regelmäßige und dauernde Ursache voraus, welche jene Wirkungen hervorbringt. Um diese Ursache zu entdecken, muß man diese Erscheinungen selbst durch eine längere Zeit aufmerksam beobachten und vor Allem die Perioden bestimmen, in welchem sie wiederkehren. Man fand auf diese Art, daß diese Perioden mit dem synodischen Mondmonat (I. §. 98 und 162), das heißt, mit der Zeit des Neu- und Vollmondes in auffallendem Zusammenhange stehen, und daß sie besonders von den Stellungen des Mondes gegen die Erde abhängen. Zwar sind diese Perioden nicht immer gleich unter einander, aber wenn man aus mehreren auf einander folgenden das Mittel nimmt, so erhält

Digitized by Google

man für die Dauer derselben 24 Stunden und 50 Minuten, in welchem Zeitraum immer zwei Ebben und eben so viele Fluthen sich ereignen. Dieß ist aber genau die Zeit, in welcher der Mond, für jeden Beobachter auf der Erde, vermöge der mittleren Bewegung dieses Satelliten, wieder zu seinem Meridian zurückkömmt, eine Zeit, die man den Mondtag nennen kann, so wie man die Zeit von 24 Stunden zwischen zwei nächsten Culminationen der Sonne einen Sonnentag zu nennen pflegt (I. §. 155).

Wenn also für irgend einen Hafen heute das Hochmeer genau in den Mittag dieses Ortes fällt, oder um 12 Uhr Statt hat, so wird es am ersten folgenden Tag um 12 Uhr 50 Minuten Abends, am zweiten um 1 Uhr 40 Minuten, am dritten um 2 Uhr 30 Minuten eintreten, so daß es täglich um 50 Minuten später kommt, und zwischen je zwei solchen Abendfluthen wird immer auch eine Morgenfluth in der Mitte liegen, von welcher die erste um 12 Uhr 25 Minuten Morgens, die am erstfolgenden Tag um 1 Uhr 15 Minuten, am zweiten um 2 Uhr 10 Minuten, am dritten um 3 Uhr 0 Minuten Morgens eintritt u. s. w. Zwar sind diese Intervalle, wie schon gesagt, zuweilen einige Minuten größer oder kleiner, als sie angegeben wurden, aber eben diese Ungleichheiten sind nur wieder ein neuer Beweis, daß die ganze Erscheinung von dem Monde kommt, da auch dieser, wie wir oben (Kap. VI.) gesehen haben, seine Geschwindigkeit sehr stark ändert, und da man, wenn man die Unregelmäßigkeit beider aufmerksam betrachtet, eine sehr genaue Uebereinstimmung zwischen beiden findet.

§. 109. (Ursachen der Ebbe und Fluth.) Doch ist der Mond, zwar die wichtigste, aber keineswegs die einzige Ursache dieser Erscheinungen. Man darf sie in der That nur durch einige Monate beobachtet haben, um zu bemerken, daß die Fluthen, welche zur Zeit des Neu- oder Vollmondes eintreten, durchaus viel größer, und die der Quadraturen im Gegentheile beträchtlich kleiner sind, als die mittleren Fluthen. Wenn man diese Beobachtungen noch weiter fortsetzt, so findet man, daß die Fluth und eben so die Ebbe immer größer wird, wenn der Mond oder die Sonne der Erde näher kömmt, und daß selbst die Declinationen dieser beiden Gestirne noch einen Einfluß auf diese Erscheinungen äußern, wobei jedoch der des Mondes immer als der überwiegende erkannt wird.

§. 110. (Lokalverhältnisse, welche die Ebbe und Fluth bedingen.) Alles Vorhergehende gilt eigentlich nur in seiner ganzen Stärke von großen freien Meeren, von dem eigentlichen Weltmeere. In kleineren Seen, selbst in dem kaspischen Meere, und überhaupt nahe am Ufer oder in engen Häfen werden die Gewässer in ihrem regelmäßigen Laufe aufgehalten und gestört, und der Moment, selbst die Größe des Hochmeeres, wird dadurch oft bedeutend modificirt. An den Küsten von Frankreich sind diese Zeiten, oft selbst schon für zwei benachbarte Häfen, sehr verschieden, obschon sie für einen und denselben Hafen eben so constant sind, wie auf der hohen See. In Dünkirchen z. B. tritt das Hochmeer erst zwölf Stunden nach der Culmination des Mondes ein, und in St. Malo (Breite 48° 39′) sechs Stunden später, während am Cap der guten Hoffnung die Fluth schon $1^1/_2$ Stunde nach der Culmination des Mondes ihre größte Höhe erreicht.

§. 111. (Hafenetablissement und Totalfluth.) Man pflegt die Zeit seit der Culmination des Mondes, wo das Hochmeer am Tage des Neumondes für jeden Hafen eintritt, das Etablissement du port (establishment of the port) zu nennen, und man geht von diesem Augenblicke aus,

Digitized by Google

um alle folgenden Momente des Hochmeeres für diesen Monat durch Rechnung zu bestimmen. Dieses Hafenetablissement beträgt in

Hamburg . . .	5	St.	0	Min.	Gröningen . .	11	St.	15	Min.
Amsterdam . .	3	„	0	„	Berg-op-Zom .	3	„	0	„
Vlissingen . . .	1	„	0	„	Antwerpen . .	4	„	25	„
Ostende . . .	0	„	20	„	Dünkirchen . .	11	„	45	„
Calais . . .	11	„	40	„	Boulogne . . .	10	„	40	„
Dieppe . . .	10	„	30	„	Cherbourg . .	7	„	45	„
St. Malo . .	6	„	0	„	Brest	3	„	45	„
Lissabon . . .	4	„	0	„	Cadix	1	„	15	„
London . . .	2	„	45	„	Portsmouth . .	11	„	40	„
Plymouth . . .	6	„	5	„	Liverpool . .	11	„	0	„
Dublin . . .	9	„	45	„	Bristol . . .	6	„	45	„

Es wäre sehr wünschenswerth, diese Angaben, so wie auch die Höhen der Fluthen für mehrere Orte mit großer Genauigkeit zu haben, da von ihnen die Berechnung der künftigen Fluthen abhängt, deren Kenntniß für die Bewohner der Meeresufer so nützlich und selbst nothwendig ist, um die Unfälle zu vermeiden, die so oft aus den Ueberschwemmungen dieser Ufer entstehen. Man nennt Totalfluth (marée totale) die halbe Summe zweier nächsten Hochmeere über dem Niveau der zwischen ihnen liegenden tiefsten Ebbe. Beträgt z. B. die Höhe der ersten Fluth 4.4 Toisen über dem Niveau der nächstfolgenden Ebbe, und die der zweiten Fluth 3.6 Toisen, so ist die Totalfluth 4 Toisen. Diese Totalfluth beträgt im Mittel aus sehr vielen Beobachtungen für Brest 3.21, für Cherbourg 2.70, für St. Malo 5.98 und für Dieppe 2.87 Meter. In den französischen Häfen ereignen sich die größten Fluthen immer ein und einen halben Tag nach dem Neumonde und Vollmonde, und diese größten Fluthen sind es, deren Kenntniß besonders interessant ist. Man findet sie aber auf folgende Art.

§. 112. (Berechnung der Ebbe und Fluth.) Laplace hat in seiner Méc. céleste Vol. II. p. 289 einen einfachen Ausdruck gegeben, durch welchen man die Höhe der Fluth für alle Neu- und Vollmondstage eines Jahres berechnen kann. Die Resultate dieser Berechnung werden von den Astronomen in Paris jährlich bekannt gemacht. So hat man z. B. für das Jahr 1834 gefunden:

	Fluthhöhe
10ten März Neumond um 11 Uhr Morgens .	0.84 Meter
25ten „ Vollmond um 6 Uhr Morgens .	1.13 Meter.

Um nun zu wissen, welches die größte Fluthhöhe für Brest im Monat März des Jahres 1834 seyn wird, multiplicirt man die größere der beiden vorhergehenden Zahlen, nämlich 1.13 durch die Totalfluth von Brest, d. h. durch 3.21, wodurch man für die gesuchte größte Fluth 3.63 Meter erhält, und da diese anderthalb Tage nach dem Vollmonde Statt haben soll, so fällt sie auf den 26ten März um 6 Uhr Abends. Für St. Malo findet man an demselben Tage die größte Fluth dieses Monats 6.76 Meter, oder 20.81 Par. Fuß.

§. 113. (Erklärung dieser Erscheinungen.) Da die Voraussbestimmungen dieser Erscheinungen so gut mit den Beobachtungen übereinstimmen, so kann man nicht zweifeln, daß auch die Voraussetzungen, auf welche sich jene Rechnungen gründen, der Wahrheit gemäß sind, daß nämlich diese Erscheinungen eine bloße Folge der Anziehung der Sonne, und besonders des Mondes auf unsere Meere sind.

Digitized by Google

Sey T (Fig. 92) der Mittelpunkt des Mondes und S der Mittelpunkt der Erde ABmn, also A der nächste, und B der von dem Monde weiteste Punkt der Oberfläche der Erde, wo der Beobachter A den Mond in seinem Zenith, und B in seinem Nadir (Einl. §. 8) hat. Da die Anziehung des Mondes, wie die aller Körper, sich wie verkehrt das Quadrat der Entfernung verhält, so ist diese Anziehung des Mondes für den Punkt A der Erde die größte, und für den Punkt B die kleinste von allen, während sie für die beiden zwischen jenen liegenden Punkte m und n nahe eben so groß, als für den Mittelpunkt S der Erde, also nahe gleich der mittleren Anziehung des Mondes ist. Da also der Punkt A stärker, als der Mittelpunkt S der Erde, von dem Monde angezogen wird, so wird auch dieser Punkt A sich dem Monde T zu nähern, oder von dem Punkte B zu entfernen suchen; der Punkt A und also auch das ihn zunächst umgebende Wasser wird daher steigen. Da aber eben so der Mittelpunkt S von dem Monde T mehr, als der entfernteste Punkt B angezogen wird, so wird sich auch der Punkt S dem Monde mehr nähern, als der Punkt B, oder mit andern Worten, der Punkt B und also auch das ihn umgebende Wasser wird hinter dem Mittelpunkte S der Erde zurückbleiben, sich von ihm entfernen und daher ebenfalls steigen. Dasselbe wird auch, obschon in geringerm Grade, für alle die Punkte der Erde gelten, die mit den beiden Punkten A und B in einerlei Meridian liegen, oder für die der Mond zu derselben Zeit culminirt. Die übrigen Punkte der Erde aber werden sich desto weniger von dem Mittelpunkte derselben entfernen, werden desto weniger steigen, je weiter sie von jenem Meridian entfernt sind. Die Punkte m und n, die den Mond in oder nahe bei ihrem Horizonte sehen, werden nur mit der mittleren Kraft des Mondes, mit derselben Kraft, wie der Mittelpunkt S angezogen und bleiben daher ungestört, oder vielmehr die diese beiden Punkte umgebenden Gewässer müssen an Höhe abnehmen oder sinken, weil ein großer Theil dazu verwendet worden ist, die Gewässer bei A und B zu erhöhen.

Man sieht daraus schon ohne alle Rechnung, daß zwischen je zwei nächsten Culminationen des Mondes auch eine doppelte Ebbe und Fluth Statt haben, und daß die Fluth für jeden Ort der Erde in die Zeit seiner oberen oder unteren Culmination (Einl. §. 26), die der Ebbe aber nahe sechs Stunden vor und nach derselben Statt haben muß.

Was so eben von dem Monde gesagt worden ist, gilt auch von der Sonne, nur wegen ihrer zu großen Entfernung in viel geringerem Maaße. Die Sonnenfluthen werden für jeden Ort in den Augenblick seines Mittags und seiner Mitternacht fallen, und wenn jeden Monat einmal die Culmination des Mondes in dieselbe Zeit fällt, d. h. zur Zeit der Neu- und Vollmonde, so werden die Wirkungen der Sonne und des Mondes ebenfalls zusammenfallen und die Fluthhöhe vergrößern, während im Gegentheile zur Zeit der Quadraturen, wo der Mond in der Linie BST und die Sonne in der verlängerten Linie mSn liegt, die Fluthhöhe des Mondes durch die der Sonne vermindert werden muß. Aus derselben Ursache wird die Fluth des Mondes sowohl, als auch die der Sonne desto stärker seyn, je näher diese Gestirne bei der Erde stehen, was alles mit den Beobachtungen ganz genau übereinstimmt. Daß das Hochmeer an jedem Orte nicht in den Augenblick der Culmination selbst trifft, sondern oft erst mehrere Stunden später Statt hat, kömmt offenbar daher, daß das Wasser, von m und n nach A oder nach B zu kommen und sich in diesen beiden letzten Punkten auf die größte Höhe zu bringen, eine gewisse Zeit erfordert, da die Trägheit des Wassers, die

Digitized by Google

Reibung seiner Theile, die Unebenheiten des Meerbodens u. dgl. dieser Bewegung desselben mehrere Hindernisse entgegen setzen. Aus derselben Ursache fällt bekanntlich auch die größte Hitze des Tages nicht auf den Mittag, sondern $1^1/_2$ oder 2 Stunden später, so wie die höchste Temperatur des Jahres nicht auf den Augenblick des Sommersolstitiums, wo die Sonne am höchsten steht, sondern mehr als einen Monat später fällt, weil die Accumulation der Wärme ebenfalls nur allmählig fortschreitet und sich selbst nach dem höchsten Stande der Sonne noch einige Zeit durch anhäuft.

Es wurde bereits gesagt, daß alle die Orte, welche mit den Punkten A und B in demselben Meridian liegen, zu gleicher Zeit ihre Fluthen haben, aber in geringerem Grade, offenbar in einem um so geringeren, je weiter sie von den beiden Punkten A und B entfernt sind. Da aber die Sonne und der Mond sich nie sehr weit von der Ebene des Aequators entfernen, so werden auch diese Orte A und B, welche die größten Fluthen haben, immer in der Nähe des irdischen Aequators seyn, oder sie werden in die heiße Zone fallen. Die Fluthen werden also in den Tropenländern am größten seyn und immer kleiner werden, je näher man den beiden Polen der Erde kömmt — Auch dieß ist der Erfahrung vollkommen gemäß. In Ostindien und an den tropischen Küsten Amerika's steigen diese Fluthen gewöhnlich sehr hoch, obschon sie auch durch Localursachen an andern Orten oft sehr erhöht werden. In dem Hafen von St. Malo beträgt diese Höhe gewöhnlich 50 Fuß. In der Nord- und Ostsee ist die Erhebung und Senkung des Meeres schon viel kleiner, und an den nördlichen Küsten von Norwegen bemerkt man sie gar nicht mehr, so wenig als in kleineren oder ringsum eingeschlossenen Meeren, wie in dem schwarzen oder dem kaspischen See.

§. 114. (Bestimmung der Mondmasse und Geschichte der Theorie dieser Erscheinung.) Wenn man den Einfluß, welchen der Mond auf die Fluth hat, von jenem der Sonne geschickt sondert, so geben diese Erscheinungen ein gutes Mittel, die Masse des Mondes zu bestimmen. Man hat auf diesem Wege gefunden, daß die Masse dieses Satelliten nahe den 70sten Theil der Masse der Erde beträgt, übereinstimmend mit anderen astronomischen Bestimmungen.

Die Theorie dieser Erscheinungen, in ihrer ganzen Vollständigkeit aufgefaßt, ist übrigens eine der schwersten, mit welchen sich unsere Geometer bisher beschäftiget haben, wie schon aus den vielen vergeblichen Versuchen folgt, welche seit Newton's Zeiten angestellt wurden, diesen Zweck zu erreichen. Schon Kepler wollte eine solche Theorie liefern, aber die Analyse war damals noch in einem zu unvollkommenen Zustande, um ein so schwieriges Problem genügend aufzulösen. Galilei, der die Ansicht Kepler's bekämpfte, stellte eine andere auf, die aber eben so wenig angenommen zu werden verdiente. Newton, der den Gegenstand zuerst aus dem wahren Gesichtspunkte betrachtete, stellte seine Theorie im Jahre 1687 auf. Allein so richtig auch seine Ideen waren, so bedurften sie doch noch einer großen Entwicklung und Ausbildung, um den Erscheinungen der Natur vollkommen zu genügen. Im Jahre 1738 machte die k. Akademie der Wissenschaften zu Paris dieses Problem zum Gegenstande einer Preisfrage, die vier gekrönte Memoiren zur Folge hatte. Die drei ersten waren von Daniel Bernoulli, Leonhard Euler und Maclaurin, welche alle mit sehr viel Scharfsinn die von Newton schon früher eingeschlagene Bahn verfolgten. Die vierte aber hatte den bekannten Jesuiten Cavalleri zum Verfasser, und dieser suchte die gegebene Frage durch die Anwendung der carteſischen Wirbel zu erklären, eine auf

Digitized by Google

nichts gegründete Theorie, an welcher aber die Pariser Academie noch viele Jahre festzuhalten suchte, nachdem bereits Newton sein System der allgemeinen Schwere aufgestellt und die Nichtigkeit der Wirbel des Descartes dargethan hatte. Die gegenwärtige hohe Ausbildung dieses Gegenstandes verdanken wir vorzüglich Laplace, der seine tiefen Untersuchungen darüber in den beiden letzten Theilen seiner Méc. céleste mitgetheilt hat.

§. 115. (Ebbe und Fluth der Atmosphäre.) Da die Wirkung der Sonne und des Mondes auf unsere Meere so bedeutend ist, so wird sie wahrscheinlich auf das unsere Erde rings umgebende Luftmeer, wegen der großen Beweglichkeit desselben, noch viel beträchtlicher seyn. An der obersten Gränze der Atmosphäre sind diese Wirkungen ohne Zweifel auch sehr groß. Aber wir bewohnen nur den Grund dieses Meeres und sind in dieser Beziehung in demselben Falle mit den Bewohnern der Tiefe des Oceans, die von den großen Veränderungen, welche an seiner Oberfläche vorgehen, wohl nur sehr wenig fühlen mögen. Indeß erkennen wir diese Fluctuationen unserer Atmosphäre selbst auf der Erde noch durch die täglichen Aenderungen des Barometers und an denjenigen Winden, deren Richtung und Stärke von den Tageszeiten abhängt und die daher periodisch sind. Jene Variationen des Barometers sind allerdings nur klein, da sie selbst unter dem Aequator, wo sie am größten sind, nur etwa drei Zehntheile einer Linie betragen. Demungeachtet hat man sich durch fortgesetzte Beobachtungen an guten Instrumenten, selbst in höheren Breiten, von ihrem Daseyn nicht nur, sondern auch von ihrer Größe überzeugt. Diesen Beobachtungen zu Folge liegt die größte Höhe des Barometerstandes zwischen 9 und 10 Uhr Morgens; hierauf nimmt die Höhe bis 4 Uhr Abends ab, wo sie am kleinsten ist. Von da steigt sie wieder, bis sie um 11 Uhr Abends zum zweitenmale eine größte Höhe erreicht und dann wieder fällt, bis sie um 4 Uhr Morgens zu ihrer zweiten größten Tiefe sinkt. Aus dieser Epoche sieht man aber schon, daß sie sich nicht nach dem Laufe des Mondes, sondern vielmehr nach dem der Sonne richtet. Auch zeigt die Theorie, daß die Anziehung dieser beiden Gestirne auf unsere Atmosphäre, selbst unter dem Aequator, höchstens eine Aenderung von 0.02 Linien in der Höhe des Barometers hervorbringen könnte. Jene beobachtete Aenderung scheint daher mehr eine Wirkung der Temperatur zu seyn, die durch die Sonne in unserer Atmosphäre erzeugt wird.

Kapitel X.

Andere merkwürdige Folgen der Störungen der Planeten.

§. 116. (Bei dem Monde ist die Revolution der Rotation gleich.) Wir haben im Vorhergehenden gesehen, daß sich aus dem einfachen Gesetze

Digitized by Google

der allgemeinen Attraction nicht nur die elliptische Bewegung der Planeten um die Sonne, und der Satelliten um ihre Hauptplaneten erklären läßt, sondern daß auch die mannigfaltigen Abweichungen dieser Körper von ihren elliptischen Bahnen, daß die periodischen sowohl als die säcularen Störungen aus derselben Quelle fließen, die zugleich die Ursache der sphäroidischen Gestalt dieser Planeten und ihrer Atmosphären, so wie derjenigen Erscheinungen ist, welche unter der Benennung der Präcession und der Nutation der Erdaxe, und der Ebbe und Fluth des Meeres bekannt sind. Es gibt aber noch mehrere andere Folgen desselben großen Gesetzes, die zwar eben so wenig, als die bereits angeführten, in diesen Blättern umständlich und mit ihren Gründen mitgetheilt werden können, die aber doch zu wichtig und interessant sind, als daß es erlaubt seyn sollte, sie hier gänzlich zu übergehen.

Da uns der Mond immer dieselben Flecken zeigt, oder da er uns immer dieselbe Seite zuwendet, so muß er sich um seine Axe drehen, und zwar in derselben Zeit, in welcher er sich um die Erde bewegt, so daß also die Rotation des Mondes der Revolution desselben gleich ist. Man wird sich von der Wahrheit dieses Schlusses leicht überzeugen, wenn man sich einen Beobachter außer der Mondsbahn z. B. in der Sonne denkt, für welchen der Mond während jeder seiner Revolutionen um die Erde nach und nach alle Seiten seiner Oberfläche dem Beobachter zuwenden wird. Beide Bewegungen sind also bei dem Monde gleich, und zwar ganz genau gleich, weil schon der geringste Unterschied, indem er mit der Zeit sich anhäufen müßte, uns längst auch die andere Seite des Mondes zugewendet hätte, die doch bisher noch kein menschliches Auge gesehen hat. Diese Uebereinstimmung der Rotation mit der Revolution bei dem Monde ist sehr merkwürdig, und wir werden sehen, daß dieselbe auch bei den Satelliten der anderen Planeten Statt hat. Nicht so bei den Hauptplaneten, wo zwischen diesen beiden Bewegungen die größte Verschiedenheit herrscht. So dreht sich die Erde 366mal, Jupiter 10000mal und Saturn 25000mal um sich selbst, während jeder dieser Körper nur einen einzigen Umlauf um die Sonne macht.

§. 117. (Scheinbare Librationen des Mondes.) Zwar bemerkt man mit einiger Aufmerksamkeit, daß die dem Rande zunächst stehenden Flecken zuweilen auf die von uns abgewendete Hemisphäre des Mondes treten und uns unsichtbar werden, und daß eben so andere, die wir zuerst nicht gesehen hatten, auf der uns zugewendeten Hälfte dieses Satelliten erscheinen. Allein man sieht bald, daß dieß nur scheinbare Bewegungen sind, die von der ungleichförmigen Bewegung des Mondes um die Erde und von unserer Stellung gegen diesen Himmelskörper kommen. Wegen seiner elliptischen Bewegung, so wie auch wegen der großen Störungen, die er von der Sonne erleidet (§. 77), geht er in seiner Bahn bald mit einer größeren, bald wieder mit einer kleineren Geschwindigkeit fort und muß uns daher, die wir im Mittelpunkte seiner Bahn stehen, bald von dem östlichen, bald wieder von dem westlichen Rande einen kleinen Theil seiner von uns im Allgemeinen abgewendeten Seite zukehren. Da ferner die Rotationsaxe des Mondes auf der Ebene seiner Bahn nicht genau senkrecht steht, sondern um einen Winkel von nahe 83 Graden gegen sie geneigt ist, so werden wir, wenn er den höchsten Punkt seiner Bahn einnimmt, von seinem nördlichen Rande etwas weniger, und von seinem südlichen etwas mehr erblicken, als wenn er in dem tiefsten Punkte seiner Bahn stünde. Da endlich derjenige Punkt des Mondrandes, der bei seinem Aufgange am höchsten steht, bei seinem Untergange nahe am tiefsten erscheint, so wird ein Beobachter auf der

Digitized by Google

Oberfläche der Erde an dem äußersten Rande des Mondes auch andere Flecken sehen, als der Antipode desselben. Allein alle diese, übrigens sehr geringen Veränderungen, die man die scheinbaren Librationen des Mondes nennt, haben ihren Grund nur in unserer Stellung gegen denselben und sind daher bloß als optische Erscheinungen zu betrachten, die mit den Bewegungen des Mondes selbst in keinem unmittelbaren Zusammenhange stehen. Die erste dieser Librationen, in der Länge, kann, aus dem Mittelpunkte des Mondes gesehen, höchstens 8 Grade, die Libration der Breite 6.8° und endlich die dritte oder die Libration der Parallaxe einen Grad betragen.

§. 118. (Säculäre Aenderungen der Rotation des Mondes.) Wir werden daher annehmen müssen, daß die Rotation des Mondes um seine Axe der mittleren Bewegung desselben um die Erde vollkommen gleich ist. Allein welcher mittleren? — Denn wir haben oben (I. §. 171) gesehen, daß diese mittlere Bewegung des Mondes selbst wieder veränderlich ist, indem sie seit mehr als 20000 Jahren immer zugenommen hat und nahe eben so lange noch zunehmen, dann aber wieder allmählig langsamer werden wird. Wenn daher die Rotation des Mondes eine für alle Zeiten unveränderliche Größe wäre, wie dieß bei der Erde und den Planeten in der That der Fall ist, so müßte sie in der Folge der Jahrhunderte schon längst von der Revolution dieses Satelliten verschieden geworden seyn, und wir würden daher schon seit Jahrtausenden einen großen Theil der von uns noch immer abgewendeten Hemisphäre desselben zu Gesichte bekommen haben. Da dieß gegen die Erfahrung ist, so muß man annehmen, daß auch die Rotation des Mondes einer ähnlichen säculären Veränderung, wie die Revolution, unterworfen sey. Weil aber auf der andern Seite jede freie Rotation eines Körpers ihrer Natur nach nicht anders, als gleichförmig seyn kann, so muß es eine besondere äußere Kraft geben, die auf den Mond einwirkt und ihn zwingt, jeden Augenblick der Erde dieselbe Seite unverwandt zuzukehren.

§. 119. (Ursache dieser Erscheinungen.) Diese Kraft kann aber offenbar nur in der Erde liegen. Nimmt man, wie dieß sehr wahrscheinlich ist, an, daß der Mond zur Zeit seiner Entstehung ein flüssiger Körper war, so wird die Erde, wegen ihrer großen Nähe, den ihr nächsten Punkt, d. h. den Mittelpunkt der uns sichtbaren Scheibe des Mondes, unter allen am stärksten angezogen, und so sich diesen Punkt noch mehr genähert haben. Dadurch erhielt die Oberfläche dieses Satelliten die Gestalt eines Ellipsoids, dessen kleinste Axe die Rotationsaxe, und dessen größte gegen die Erde gekehrt war. Es ist äußerst unwahrscheinlich, daß der primitive Stoß, welcher dem Monde (§. 55) seine Bewegung gab, genau eine solche Beschaffenheit hatte, wodurch die drehende und die fortschreitende Bewegung desselben einander ganz gleich geworden wären. Allein unter der Voraussetzung, daß die große Axe des Mondsphäroids ursprünglich gegen die Erde gerichtet war, ist es schon hinlänglich, diese beiden Bewegungen nur nicht zu sehr verschieden anzunehmen, um daraus jene Erscheinung der Gleichheit beider Bewegungen zu erklären. Wenn nämlich auch diese große Axe des Mondes jeden Augenblick von der Richtung nach dem Mittelpunkt der Erde sich zu entfernen strebt, so wird sie doch durch die Anziehung der Erde selbst immer wieder in ihre frühere Lage zurückgebracht werden, so wie z. B. die Schwere der Erde ein in Bewegung begriffenes Pendel, so oft es sich von seiner Verticallinie entfernt, immer wieder zu derselben zurückführt. Durch diese Attraction der Erde entsteht also eine Art von wahrer, nicht bloß scheinbarer Libration des Mondes, die aber sehr gering seyn muß, da unsere Beob-

Digitized by Google

achtungen sie noch nicht zu erkennen gegeben haben. Auch die Abplattung des Mondes an seinen beiden Polen ist so klein, daß sie bisher unsern schärfsten Instrumenten entging und daß wir daher die Gestalt dieses Satelliten ohne merklichen Fehler als vollkommen kugelförmig annehmen können. Nach der Theorie aber ist die kleine Axe desselben gleich 0.9989, wenn die große, gegen den Mittelpunkt der Erde gekehrte Axe für die Einheit angenommen wird, so daß also seine Abplattung nur den tausendsten Theil dieser Axe beträgt.

§. 120. (Der Mond in Verbindung mit Kometen.) Wenn der Mond je einem Kometen nahe gekommen ist, was seit der undenklichen Zeit seiner Existenz wohl geschehen seyn mag, so muß doch die Masse eines solchen Kometen ungemein gering gewesen seyn. Denn wenn sie auch nur den hunderttausendsten Theil der Erdmasse betragen hätte, so würde ein Zusammentreffen dieser beiden Körper, wie die Rechnung zeigt, die wahren Librationen des Mondes schon so groß gemacht haben, daß sie unsern Beobachtungen nicht mehr hätten entgehen können. — Aber vielleicht war der Mond selbst einmal ein Komet, der in der grauesten Vorzeit der Erde nahe gekommen ist, und nun, von ihr festgehalten, sie auf ihrer Bahn um die Sonne begleiten muß? Es hat nicht an Astronomen gefehlt, die diese Meinung aufgestellt haben. Allein wenn man, mit Hülfe der Analyse, auch in die entferntesten Zeiten zurück geht, so findet man, daß der Mond sich immer in einer nahe kreisförmigen Bahn um die Erde, so wie die Planeten um die Sonne, bewegt habe, und daß daher ein solcher Ursprung desselben ganz unwahrscheinlich ist.

§. 121. (Störungen der Kometen von den Planeten und von dem Aether.) Diese Kometen erleiden von den Planeten unseres Sonnensystems, wenn sie aus ihrer weiten Ferne zu denselben herabsteigen, oft große Störungen, die auf eine ganz andere Art berechnet werden müssen, als die Störungen der Planeten unter sich, weil die große Excentricität ihrer Bahnen nicht mehr die Abkürzungen erlaubt, die man bei den Planeten mit so viel Vortheil anzuwenden pflegt. Schon Halley erkannte die großen Wirkungen dieser Störungen an dem nach ihm genannten Kometen, dessen auf einander folgende Umlaufszeiten, in Folge dieser Störungen, mehr als ein ganzes Jahr von einander verschieden waren. Aber erst 75 Jahre später versuchte es Clairaut, diese Störungen der Analyse zu unterwerfen. Die Kometen scheinen selbst noch eine andere Art von Störung zu erleiden, dergleichen wir bei den Planeten noch kein Beispiel gefunden haben. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Räume, welche die Körper unseres Sonnensystems von einander trennen, mit einer vielleicht äußerst feinen und durchsichtigen Materie erfüllt sind, und daß die Körper, wenn sie sich in diesem Aether bewegen, von demselben einen Widerstand erfahren. Bei den Planeten, diesen dichten und festen Kugeln, wird ein solcher Widerstand ohne Zweifel nur sehr gering seyn können, wie wir denn auch bisher durch keine Beobachtung die Existenz desselben nachzuweisen vermögen. Allein die Kometen, diese ungemein ausgebreiteten und aus einem so lockeren Gewebe bestehenden Körper, die vielleicht nicht einmal unseren Wolken zu vergleichen sind, würden allerdings einen viel größeren Widerstand von jenem Mittel erleiden können. Man hat eine solche Bewegung der Analyse unterworfen und gefunden, daß, wenn dieses Mittel eine sehr geringe Dichtigkeit, und die elliptische Bahn des Kometen eine sehr kleine Excentricität hat, die große Axe der Ellipse immerwährend abnehmen, also auch die Umlaufszeit des Kometen kleiner, die Winkelgeschwindigkeit desselben aber immer größer werden müßte, während die Excentricität der Bahn und die Lage der

Digitized by Google

großen Axe periodischen Abwechslungen unterworfen seyn würde, die sich mit jedem Umlaufe des Kometen um die Sonne wieder herstellen. Diese immerwährende Abnahme der großen Axe würde daher eine beständige Annäherung des Kometen zur Sonne und ein endliches Zusammenfallen beider Körper zur Folge haben. Encke hat bei dem nach ihm benannten Kometen von 1200 Tagen Umlaufszeit in der That eine solche Verkürzung der Revolution bemerkt und dadurch Veranlassung gegeben, auf diesen bisher ganz vernachlässigten Gegenstand in der Folge eine größere Aufmerksamkeit zu wenden.

§. 122. (Unveränderliche Gegenstände des Sonnensystems.) Wir haben bisher gesehen, wie durch die Wirkung der allen Körpern unseres Sonnensystems gemeinsamen Anziehung keiner derselben in absoluter Ruhe, wie vielmehr alles in gegenseitiger, oft durch viele Ursachen zugleich mannigfaltig modificirter Bewegung sich befindet; wie die Ebenen, auf welche wir alle Lagen der himmlischen Körper beziehen, die Ekliptik und der Aequator, ja wie selbst die Punkte dieser Ebenen, von welchen wir diese Lagen zu zählen anfangen, die Aequinoctialpunkte der Himmelssphäre, ähnlichen immerwährenden Aenderungen unterliegen. Zwar sind wir dahin gelangt, von allen diesen Veränderungen strenge Rechenschaft zu geben und zu zeigen, daß diese bloß scheinbaren Unordnungen nur eine Folge, ein unmittelbarer Ausfluß desselben Gesetzes der allgemeinen Schwere sind. Aber je schwerer die Aufgabe ist, deren Lösung hier der menschliche Geist durch die Hülfe der Analyse unternommen und in ihren Hauptpunkten wenigstens glücklich zu Ende geführt hat; je größer und verworrener das Gewühl aller dieser beinahe unübersehbaren Körper ist, das uns von allen Seiten umgibt, desto wünschenswerther muß es uns erscheinen, in diesen zahllosen und sich so wunderbar durchkreuzenden Bewegungen wenigstens einige Punkte aufzufinden, die an dem ewigen Wechsel keinen Theil nehmen, die mitten in diesem beständig auf und nieder wogenden Meere in absoluter Ruhe bleiben, und an die wir daher, als an fixe Punkte, alle anderen anknüpfen und die Bewegungen derselben davon abmessen können.

Wir kennen bisher drei solcher constanten, und, wie es scheint, für immerwährende Zeiten unveränderlichen Dinge: die Stabilität der Drehungsaxe der Erde, die Länge des Tages und die mittlere Entfernung der Erde und aller Planeten von der Sonne. Wir wollen diese drei Gegenstände nach der Reihe näher betrachten.

§. 123. (I. Unveränderlichkeit der Erdaxe.) Die Tiefe unserer Meere beträgt, den darüber angestellten Versuchen zu Folge, nur einen sehr geringen Theil des Halbmessers der Erde, wie auch schon daraus hervorgeht, daß dasselbe so große Strecken des Festlandes unbedeckt gelassen hat. Man wird ohne merklichen Fehler annehmen können, daß der Boden des Meeres nahe eben so tief unter dem Spiegel des Wassers liegt, als das höchste Festland über demselben steht, eine Größe, die nahe 30000 Fuß beträgt, also selbst noch ein kleiner Theil der Abplattung ist, die über drei Meilen oder gegen 70000 Fuß hat. Obschon es sehr wahrscheinlich ist, daß dieses Meer, in der Vorzeit wenigstens, zuweilen einen großen Theil des Continents bedeckt hat, wie die auf den höchsten Bergen zurückgelassenen Spuren desselben zeigen, so konnte dasselbe doch eben wegen seiner geringen Tiefe, oft große Strecken bedecken und wieder verlassen, ohne jene gewaltsamen Revolutionen anzunehmen, für welche mehrere unserer Geologen sogar eine Versetzung des Aequators in die Gegenden, welche jetzt die Pole einnehmen, zu Hülfe gerufen haben. Man

Digitized by Google

hat diese extravaganten Hypothesen ausgedacht, um dadurch die Ueberreste von Thieren der Tropenländer, die man in den kalten Zonen fand, zu erklären. So wurde im Jahre 1771 an dem sandigen Ufer des Flusses Wilhui in Sibirien ein ganz gut erhaltenes Rhinoceros einige Fuß tief unter der Erde entdeckt, dessen Haut noch nicht von der Verwesung ergriffen war, und i. J. 1799 wurde am Ausflusse der Lena ein ungewöhnlich großer Elephant, in einen Eisblock eingeschlossen, gefunden, dessen Fleisch noch so frisch gewesen seyn soll, daß die Jakuten ihre Hunde damit füttern konnten. Diese und ähnliche Erscheinungen wollte man aus einer solchen Versetzung des Aequators, der früher durch jene Gegenden gegangen seyn soll, und durch den dadurch verursachten Sturz des Weltmeers von Süd nach Nord erklären, ohne zu bedenken, daß diese Thiere unmittelbar nach ihrem Tode hätten einfrieren müssen, um vor der Fäulniß bewahrt zu bleiben.

§. 124. (Erklärung dieser Erscheinungen.) Eine solche plötzliche Versetzung des Aequators der Erde könnte nur von irgend einer fremden äußern Kraft gekommen seyn, und man sieht da nichts, als etwa einen Kometen, der in der Vorzeit mit der Erde zusammengetroffen seyn mag. Allein wir haben bereits oben gezeigt, wie unwahrscheinlich ein solches Zusammentreffen, und wie noch viel unwahrscheinlicher eine so bedeutende Folge dieses Conflictes ist, da die Massen aller Kometen so ungemein klein sind.

Aber ist es nicht möglich, daß vor Zeiten auch in dem gegenwärtigen Klima Sibiriens Elephanten in der That gelebt haben? — Der an der Lena gefundene war allerdings, seiner Größe und Gestalt nach, denen gleich, die wir noch jetzt im südlichen Asien finden. Seine beiden Hauzähne hatten neun Fuß Länge, und sein Kopf wog vier Zentner. Aber seine Haut war mit einer dichten braunen Wolle bedeckt, aus der starke, schwarze Haare hervorragten, und der Hals des Thieres war mit einer löwenartigen Mähne besetzt. Eben so war die Haut jenes Rhinoceros mit steifen, drei Zoll langen Borsten oder Haaren bedeckt. Unter einem solchen Pelze konnten diese Thiere das Klima Sibiriens sehr wohl ertragen, während die ihres Gleichen, in Indien, wenn sie das anders sind, jene strenge Kälte nicht ertragen würden. Uebrigens wandern auch diese Thiere des Südens zur Sommerszeit oft sehr weit gegen Norden hin, und man sieht den sogenannten Königstiger Indiens seine Excursionen bis an den westlichen Abhang des Altaiberges, nahe bei Barnul (53° nördlicher Breite) ausdehnen. Dasselbe konnte auch in der Vorzeit mit den Elephanten geschehen seyn, und dann war ein Einsinken desselben im leichten Grunde, oder ein Erdfall mit einer darauf folgenden strengen Kälte schon hinreichend, diese Thiere zu begraben und ihre Körper vor der Verwesung zu schützen, ohne erst, wie unsere Geologen wollen, die Pole der Erde aus ihren Angeln zu heben. Auf eine ähnliche Weise wollte auch Halley die Kälte in Nordamerika erklären, die nach dem Zeugnisse aller Reisenden viel größer ist, als in denselben Breiten Europas. Nach seiner Ansicht wurde der Pol der Erde, der früher in der Nähe der Hudsonsbay gelegen war, durch den Stoß eines Kometen in diejenige Gegend, die er jetzt einnimmt, versetzt, und die einer so großen Kälte ausgesetzte Gegend des früheren Nordpols hat seitdem noch keine Zeit gehabt, sich zu erwärmen. Allein die beobachtete größere Kälte Amerika's gilt nur von der östlichen Seite, während man auf der westlichen Küste des großen Oceans diese Differenz nicht mehr bemerkt. Aber wohl tritt dieselbe Erscheinung wieder im nordöstlichen Asien hervor, wo eine viel strengere Kälte herrscht, als unter derselben Breite in Europa,

Digitized by Google

so daß sowohl in der alten, als auch in der neuen Welt der östlichere Theil bei weitem der kältere ist.

§. 125. (Andere Beweise für die Unveränderlichkeit der Erdaxe.) Ueberhaupt sind diese Versetzungen der Pole, so oft man sie auch bei geologischen Erklärungen zu Hülfe gerufen hat, und zwar nicht nur jene gewaltsamen und plötzlichen, sondern selbst geringe und langsam fortschreitende Veränderungen derselben, durch nichts erwiesen, und mit den Beobachtungen, so wie mit der Theorie in directem Widerspruche. Seit der Zeit, wo man durch die Erfindung der Fernröhre die Polhöhen so vieler Orte mit großer Genauigkeit bestimmt hat, wurde auch nicht an einem derselben eine Aenderung bemerkt, die größer wäre, als die bisher noch unvermeidlichen Beobachtungsfehler. Das die Erde zum Theil bedeckende Meer stört die Lage der Erdaxen so wenig, daß es vielmehr, durch seine große Beweglichkeit, der Erde erst den sichern und dauernden Zustand des Gleichgewichtes gibt, der sonst, bei einer ganz starren Masse der Erde, durch die kleinste äußere Einwirkung schon gestört werden könnte.

§. 126. (Freie Axen der Rotation.) Wir haben bereits oben (§. 23) von der Schwungkraft gesprochen, durch welche jedes Element eines Körpers, der sich um eine gerade Linie als um seine Axe dreht, sich in senkrechter Richtung von dieser Axe zu entfernen strebt. Da aber diese Elemente, durch den Zusammenhang des Körpers, an dieser Entfernung gehindert werden, so entsteht daraus ein Druck auf die Rotationsaxe. Dieser Druck liegt, so wie die Centrifugalkraft, in der Richtung der Linie, die von dem Elemente senkrecht auf die Axe gezogen wird, und ist offenbar desto größer, je größer diese Linie, d. h. je weiter das Element von der Rotationsaxe entfernt liegt. Ist nun der Körper, in Beziehung auf diese Axe, nicht zu allen Seiten derselben symmetrisch gestellt, so wird dieser Druck ein Wanken der Rotationsaxe und eine Störung der sonst gleichförmigen Drehung des Körpers erzeugen. Ist aber der Körper so gebaut und die Rotationsaxe durch ihn so gestellt, daß jedes Element desselben, auf der einen Seite der Axe, ein anderes gleich großes und gleich entferntes auf der andern Seite derselben hat, so wird zwar jedes dieser zwei Elemente einen Druck auf die Axe erzeugen, aber beide Pressungen werden erstens gleich groß, und zweitens auf einandrr in ihrer Richtung entgegengesetzt seyn, d. h. beide Pressungen werden sich gegenseitig aufheben, und die Axe wird durch dieses Elementenpaar keinen Druck erleiden. Da dasselbe von jeden zwei anderen eben so gegen einander gestellten Elementen gilt, und da, der Voraussetzung gemäß, der ganze Körper nur aus solchen Elementenpaaren besteht, so wird auch die Drehungsaxe eines solchen Körpers von keinem Elemente desselben einen Druck erleiden, oder sie wird eine sogenannte freie Axe seyn. Für eine Kugel z. B. sind alle Durchmesser derselben solche freie Axen, und eben so ist für ein Ellipsoid, das durch die Umdrehung einer Ellipse um seine große oder kleine Axe entsteht, diese große oder diese kleine Axe eine freie, weil in der That alle auf diese Rotationsaxe senkrechten Schnitte des Ellipsoids Kreise sind, deren Mittelpunkte sämmtlich in dieser Axe liegen, wie dieß bei der Kugel für jeden ihrer Durchmesser der Fall ist.

Weitere geometrische oder vielmehr mechanische Untersuchungen haben gezeigt, daß jeder Körper, so unregelmäßig er auch geformt seyn mag, immer wenigstens drei solche freie Axen habe, und daß sich dieselben in dem Schwerpunkte des Körpers unter einander senkrechten Richtungen durchschneiden. Bei der Kugel sind, wie gesagt, alle Durchmesser derselben freie Axen, und bei dem so eben erwähnten Ellipsoid ist nicht nur

Digitized by Google

diejenige Axe, um welche die Ellipse gedreht wird, sondern auch noch jeder Durchmesser des Aequators des Körpers eine freie Axe.

§. 127. (Anwendung auf die Erde.) Wenden wir das Vorhergehende auf die Erde oder überhaupt auf die Planeten an, die zur Zeit ihrer Entstehung wahrscheinlich die Gestalt einer Kugel hatten. Der primitive Stoß, dem sie ihre Bewegung verdanken, gab ihnen eine Rotation um einen ihrer Durchmesser, d. h. also um eine freie Axe. Durch die so entstehende Rotation der Kugel wurde sie an ihren Polen abgeplattet, die Kugel wurde in ein Ellipsoid verwandelt, das durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entsteht. Dadurch hörte also die ursprüngliche Drehungsaxe nicht auf, eine freie Axe zu seyn. Die Planeten bewegen sich also um solche vollkommen freie Axen, die keinen Druck erleiden, daher sie auch ihre Rotation um diese, immer dieselbe Lage beibehaltenden Axen, ungestört und ohne Ende fortsetzen. Ja diese Abplattung der Erde trägt selbst wesentlich dazu bei, die Lage der Rotationsaxe derselben immer in derselben Lage zu erhalten, da sie, wenn sie auch durch äußere Kräfte etwas aus ihrer Richtung gelenkt werden sollte, eben durch diese Abplattung sogleich wieder in ihre frühere Lage zurückgebracht werden müßte, während im Gegentheile, wenn die große Axe der erzeugenden Ellipse die Rotationsaxe des Körpers geworden wäre, schon die geringste Störung derselben hinreichend gewesen seyn würde, diese Axe immer mehr von ihrer früheren Lage zu entfernen, ohne sie je wieder in ihre erste Stellung zurückführen zu können.

§. 128. (II. Unveränderlichkeit der Länge des Tages.) Dieselben Gründe, welche wir so eben für die Unveränderlichkeit der Lage der Erdaxe angegeben haben, sprechen auch für die immer gleichförmige Rotation der Erde um diese Axe, d. h. für die Unveränderlichkeit der Länge des Tages. Die genauesten theoretischen Untersuchungen über die Störungen, welche die tägliche Drehung der Erde um ihre Axe erleiden könnte, haben durchaus keine, unseren Sinnen bemerkbare Aenderung in der Geschwindigkeit dieser Drehung erkennen lassen, und die schärfsten astronomischen Beobachtungen haben sich mit der Theorie vereinigt, diesen Grundpfeiler der gesammten Sternkunde, die Unveränderlichkeit der Dauer des Sterntages (l. §. 159), über allen Zweifel zu erheben.

§. 129. (Aus den Umlaufszeiten der Planeten.) Die alten Griechen haben ihre Bestimmungen der Umlaufszeiten der Planeten um die Sonne mit einer so großen Genauigkeit vorgenommen, daß wir, nach so viel tausend neuen, mit den besten Instrumenten angestellten Beobachtungen, nichts Wesentliches daran zu ändern gefunden haben. Da diese Umlaufszeiten, wie wir bald sehen werden, selbst für alle Zeiten unveränderlich sind, so müssen wir annehmen, daß auch die Länge des Tages, in welchen jene Umlaufszeiten ausgedrückt werden, seit jener Zeit bis auf unsere Tage, keine Aenderung erlitten hat, weil sich diese sofort in den Revolutionen der Planeten gezeigt haben würde. Wenn unser Tag um eine Secunde kleiner oder größer wäre, als der zur Zeit der Griechen, so würden wir die Revolution Jupiters, welche die Alten gleich 4332.5848 Tage fanden, um 0.05 Tage oder um eine Stunde und zwölf Minuten anders finden, während wir doch in unseren neuesten Bestimmungen kaum einige Secunden von jener alten abweichen. Selbst wenn der Tag sich nur um den hundertsten Theil einer Secunde seit jener Zeit geändert hätte, so würden wir jetzt die Revolution Jupiters um volle 43 Zeitsecunden anders finden, als die Griechen, was mit allen Beobachtungen aus jenen und aus unseren Zeiten in directem Widerspruche steht.

Man hat geglaubt, daß die Passatwinde, welche zwischen den Wende-

Digitized by Google

kreisen beständig von Ost nach West ziehen, oder daß das Herabsteigen des Polar-Eises gegen den Aequator, und andere Versetzungen großer Massen auf der Oberfläche der Erde oder des Meeres, daß Erdbeben, Vulkane u. dgl. die Geschwindigkeit der Rotation derselben verändern könnten. Allein eine nähere Betrachtung dieses Gegenstandes hat die Zweifel zerstreut, und man kennt durchaus keine Ursache, welche großen Theilen der Erdmasse so beträchtliche Ortsveränderungen geben könnte, um dadurch die Länge des Tages auf eine uns merkbare Weise zu stören.

§. 130. (Aus der säculären Gleichung der mittleren Mondesbewegung.) Wir haben oben (§. 88) gefunden, daß die mittlere Bewegung des Mondes seit undenklichen Zeiten immer schneller wird, und daß dadurch die Länge des Mondes in t Jahrhunderten um $10.72\,tt$ Secunden zunimmt. Wer das Verfahren näher kennt, wie man zu dieser Kenntniß kam, wird ohne Anstand zugeben, daß diese Zahl 10.72 wenigstens bis auf eine Secunde genau ist. — Nehmen wir nun an, daß die Dauer des Tages jetzt z. B. um eine Secunde größer sey, als zu Hipparch's Zeiten (150 Jahre vor Chr. G.). Dieß vorausgesetzt, würde also auch ein Jahrhundert oder 36525 Tage um eben so viele oder um 36525 Secunden, d. h. um 10 Stunden, 8 Minuten, 45 Secunden größer seyn, als zur Zeit Hipparch's. In 10 Stunden, 8 Minuten, 45 Secunden beschreibt aber der Mond in seiner mittleren Bewegung einen Bogen von 5 Grad, 34 Minuten, 13 Secunden oder von 20053 Secunden. Daraus folgt, daß bloß durch diese kleine Vergrößerung des Tages von einer Secunde die gegenwärtige Säcularbewegung des Mondes um 20053 Secunden größer erscheinen müßte, als zur Zeit Hipparch's. Allein dann müßte zugleich der vorhergehende Faktor von tt, nicht 10.22 Secunden, sondern 542 Secunden, also über 50mal größer seyn, da er doch, wie wir bereits gesagt haben, den neuesten Beobachtungen gemäß höchstens um eine einzige, nicht aber um 530 und mehr Secunden unrichtig seyn kann. Es ist also ganz und gar unwahrscheinlich, daß die Länge des Tages seit dem Anfange unserer Zeitrechnung, nicht bloß um eine ganze, sondern auch nur um den hundertsten Theil einer Secunde sich geändert habe.

Wenn man sich aus dem Vorhergehenden (I. §. 123) erinnert, mit welcher ungemeinen Präcession die Umlaufszeiten der Planeten bestimmt werden können, und in der That auch schon von den Alten bestimmt worden sind, so wird man es nicht nur nicht übertrieben, sondern vielmehr sehr billig finden, daß die Astronomen die Unveränderlichkeit der Länge des Tages nur zwischen den Gränzen des hundertsten Theiles einer Secunde angenommen haben, da sie, wie die vorhergehenden Schlüsse zeigen, mit Sicherheit noch viel engere Gränzen hätten annehmen können.

§. 131. (III. Unveränderlichkeit der großen Axen der Planetenbahnen.) Wir haben oben (im siebenten Kapitel) die säculären Störungen der Planeten betrachtet und die Aenderungen angegeben, welche, durch den gegenseitigen Einfluß dieser Körper, die Neigung und die Lage ihrer Knoten sowohl, als auch die Excentricität und die Länge der Apsidenlinie ihrer Bahnen erleidet. Wir haben daselbst gesehen, daß diese Größen sämmtlich veränderlich sind und zwischen bestimmten Gränzen in sehr großen Perioden von mehreren Jahrtausenden hin und wieder gehen, die Apsiden allein ausgenommen, die in keine solche Gränzen eingeschlossen sind und in der Folge der Zeiten ihren ganzen Kreis um die Sonne zurücklegen. Diese Ausnahme scheint ihre Ursache darin zu haben, daß es für die Erhaltung des ganzen Systems offenbar gleichgültig ist, nach welcher Seite der Himmelssphäre hin die große Axe der Planetenbahnen gerichtet seyn mag, um so mehr, da diese Bahnen ohnehin nur sehr wenig

Digitized by Google

on Kreisen verschieden, und da sie überdieß durch so große Zwischenäume von einander getrennt sind.

Allein es gibt noch ein anderes und sehr wichtiges Element dieser Bahnen, von dessen säculären Störungen wir bisher noch nicht gesprochen haben. Die große Axe der Bahn, oder die sogenannte mittlere Entfernung des Planeten von der Sonne hängt, wie das dritte Gesetz Kepler's (I. §. 146) zeigt, unmittelbar mit der Umlaufszeit desselben um die Sonne zusammen, so daß beide zugleich wachsen oder abnehmen müssen.

§. 132. (Folgen, die eine Aenderung dieser Axen haben würde.) Welche Folgen würde aber eine solche Zu- oder Abnahme dieses Elementes nach sich ziehen? — Es ist leicht einzusehen, daß eine Aenderung desselben, auch die geringste, wenn sie einmal Statt hat, nicht mehr in einem periodischen Wachsen und Abnehmen bestehen kann, sondern daß sie, seiner Natur nach, immer in demselben Sinne fortgehen und sich mit der Zeit anhäufen muß. Ein solcher Planet, dessen mittlere Entfernung sich auch nur einen Augenblick ändert, wird daher immerwährend der Sonne näher kommen oder sich immer weiter von ihr entfernen, und jeder von diesen beiden Fällen wird ohne Zweifel von dem größten und wichtigsten Einflusse auf den Planeten und die ihn bewohnenden Geschöpfe seyn.

Wir haben oben (§. 64) gesehen, daß es von der Geschwindigkeit in seiner ursprünglichen Entfernung von der Sonne abhängt, ob die Bahn des Planeten eine Ellipse, oder aber eine Hyperbel ist. In jener krummen Linie wird er eine geschlossene, in sich selbst wiederkehrende Bahn um die Sonne beschreiben: in dieser aber, so wie in der Parabel wird er, wenn er einmal sein Perihelium zurückgelegt hat, sich immer weiter von der Sonne entfernen und endlich die Anziehungssphäre derselben gänzlich verlassen, und in fremde Fixsternsysteme eintreten, ohne je wieder zu unserm Systeme zurückzukehren. Wenn nun auch ein Planet, vermöge seiner anfänglichen Geschwindigkeit, die er in einer bestimmten Entfernung von der Sonne erhalten hat, eine Ellipse beschreibt, so wird er doch, wenn seine mittlere Distanz sich ändert, und er das nächstemal wieder zu derselben Entfernung von der Sonne gelangt, eine ganz andere Geschwindigkeit haben, mittelst welcher er fortan keine Ellipse mehr um die Sonne beschreiben kann. So bewegt sich z. B. Jupiter in einem Perihelium während einer Secunde durch 1.85 Meilen, während Saturn in seiner Sonnennähe während derselben Zeit nur 1.38 Meilen zurücklegt. Diese beiden Geschwindigkeiten sind zugleich ihre anfänglichen gewesen, wenn anders diese Planeten im Perihelium entstanden. Wenn aber Saturn in dieser seiner kleinsten Entfernung von der Sonne einmal die erwähnte Geschwindigkeit Jupiters haben sollte, so würde die früher elliptische Bahn Saturns in eine Parabel übergehen und daher sich immer weiter von der Sonne entfernen, und er würde sammt seinem Ringe und seinen sieben Monden endlich ganz aus unserem Systeme verschwinden. Eben so könnte schon eine geringe Vergrößerung der anfänglichen Geschwindigkeit die Bahn eines Planeten, wenn sie auch keine Hyperbel wird, zu einer sehr excentrischen Ellipse machen und so den Himmelskörper ganz aus der Reihe der eigentlich sogenannten Planeten entfernen und ihn unter die Kometen versetzen. Durch diese Erweiterung der Planetenbahnen würden diese Himmelskörper, die jetzt, durch so große Räume von einander getrennt, ihre Wege friedlich, und ohne einander bedeutend zu stören, zurücklegen, einander näher gerückt werden, sich auf ihren Bahnen begegnen, Unordnungen und selbst Zerstörungen verursachen und endlich das schöne Verhältniß, welches jetzt unter ihnen be-

Digitized by Google

steht, gänzlich aufheben und vielleicht das ganze System seiner Auflösung entgegenführen. Noch wichtiger würde eine Verminderung dieser Geschwindigkeit seyn, da sie den Planeten der Sonne immer näher bringen und endlich ganz mit ihr vereinigen müßte. Der Planet würde nämlich, wenn die Tangential-Geschwindigkeit, mit welcher er jetzt nahe einen Kreis um die Sonne beschreibt, immer kleiner würde, von der immer mehr überwiegenden Centralkraft der Sonne auch immer mehr zu ihr hingezogen werden, er würde in stets engeren Windungen und mit stets wachsender Winkelgeschwindigkeit eine Spirale um die Sonne beschreiben und endlich auf sie stürzen.

§. 133. (Geschichte dieser Entdeckung.) Durch eine in der That bewunderungswürdige Einrichtung unseres Sonnensystems ist diesen beiden Extremen dadurch vorgebeugt worden, daß die großen Axen, also auch die Umlaufszeiten sämmtlicher Planeten um die Sonne, eine für alle Zeiten constante und unveränderliche Größe sind.

Der berühmte Geometer Lagrange hat nämlich die merkwürdige Entdeckung gemacht, daß man, wenn man in dem durch die Rechnung gegebenen allgemeinen analytischen Ausdruck der säculären Störungen der großen Axe eines Planeten diejenigen Zahlen substituirt, welche den einzelnen Planeten zukommen, alle Glieder dieses Ausdrucks sich aufheben, woraus folgt, daß diese große Axe selbst, durch die Einwirkung der anderen Planeten, keine Störung leidet, oder daß sie, und unter allen Elementen der Bahn sie allein, unveränderlich ist. Laplace hat diese Theorie noch weiter ausgebildet, und Poisson hat erst in unseren Tagen gezeigt, daß diese Unveränderlichkeit der großen Axen der Bahnen oder der mittleren Bewegungen der Planeten auch dann noch Statt hat, wenn man bei den Berechnungen der Störungen derselben auf die kleinen Glieder Rücksicht nimmt, die man bisher vernachlässigen zu können glaubte. Zwar fand der letzte, daß der analytische Ausdruck der großen Axe einige Glieder enthält, die eine säculäre Veränderung derselben darstellen, aber auch zugleich, daß diese Glieder so ungemein klein sind, daß sie noch viele Jahrtausende hindurch den schärfsten Beobachtungen unmerklich seyn werden.

§. 134. (Erklärung dieser Erscheinung.) Durch welches Mittel aber hat die Natur diesen für die Erhaltung ihres Werkes so wichtigen Zweck erreicht? — Durch eine Einrichtung, die auf den ersten Blick eben so geringfügig als zufällig erscheint.

Die Umlaufszeiten aller Planetenbahnen sind unter sich incommensurabel, d. h. es gibt auch nicht zwei solcher Umlaufszeiten, die sich zu einander genau, wie zwei ganze Zahlen verhalten. — Dieß ist das Geheimniß, dieß ist der feine Faden, an welchen die Natur die Dauer des Planetensystems geknüpft hat.

Die Umlaufszeit Jupiters z. B. beträgt nahe 4332 und die des Saturn 10759 Tage, und diese beiden Zahlen verhalten sich beinahe, wie 2 zu 5. Wenn sie sich aber genau wie 2 zu 5 verhielten, wenn z. B. die erste 4312 und die zweite 10780 Tage betrüge, so würde daraus eine immer weiter gehende Aenderung der Axen dieser beiden Planetenbahnen entstehen: die eine derselben würde zu- und die andere abnehmen, und die Folge davon würde eine endliche Zerstörung dieser beiden größten Planeten unseres Sonnensystemes seyn. In der That hat auch schon der Umstand, daß diese beiden Umlaufszeiten sich nur beinahe, wie die Zahlen 2 und 5 verhalten, die Folge, daß diese beiden Planeten von einander eine viel größere Störung, die bei Saturn bis auf 2950 Secunden geht, erleiden, als man bei allen anderen Planeten findet, und diese

Digitized by Google

Störung würde noch viel größer seyn, wenn jenes Verhältniß dem der Zahlen 2 zu 5 noch näher wäre, ja sie würde endlich in ein immerdauerndes Wachsen der Axe der Jupitersbahn, und in eine stets abnehmende Entfernung Saturns von der Sonne übergehen, wenn jenes Verhältniß vollkommen hergestellt wäre. Wir haben bereits oben (§. 84) von den aus dieser Quelle entspringenden großen Störungen dieser beiden Planeten gesprochen und gezeigt, daß sie in bestimmte Gränzen eingeschlossen sind, zwischen welchen sie während einer Periode von 930 Jahren auf und nieder gehen. Je näher die Umlaufszeiten dieser Planeten jenen Verhältnissen kommen, desto mehr würden sich diese Gränzen sowohl, als auch die Dauer dieser Periode erweitern, bis endlich die Zügel, welche die beiden größten Himmelskörper unseres Systemes in ihren Bahnen gehalten haben, nachgeben, und das Ganze seinem unvermeidlichen Untergange entgegen eilen müßte.

§. 135. (Die Erde war anfänglich in einem flüssigen Zustande.) Die vorhergehenden Betrachtungen über die Unveränderlichkeit der Länge des Tages stehen noch mit einem andern Gegenstande in naher Verbindung, der zu interessant ist, als daß er hier ganz übergangen werden könnte.

Wir hatten schon öfter Gelegenheit, zu erwähnen, daß unsere Erde zur Zeit ihrer Entstehung in einem Zustande der Flüssigkeit gewesen ist. Die Abplattung derselben an ihren Polen ist dafür ein hinlänglicher Beweis. Wäre die Erde ursprünglich ein fester Körper gewesen, so würde sie, ihrer Rotation ungeachtet, ihre erste Gestalt im Allgemeinen beibehalten haben. Die Theorie zeigt uns bei der gegebenen Größe der Erde und der Geschwindigkeit ihrer Rotation, vorausgesetzt, daß sie anfangs flüssig war, — nicht nur die Größe ihrer Abplattung, sondern auch die sphäroidische Gestalt ihrer Oberfläche, und die Resultate dieser Theorie stimmen zu wohl mit unsern Beobachtungen, mit unsern Meridianvermessungen und Pendellängen zusammen, als daß man an der Richtigkeit der Voraussetzung, worauf jene Theorie gebaut ist, weiter zweifeln könnte.

§. 136. (Ursache dieses ursprünglichen Zustandes der Erde.) Welches ist aber die Ursache dieses ursprünglichen Zustandes unserer Erde? — In der Antwort auf diese Frage haben sich unsere Geologen von jeher in zwei Klassen getheilt, die sich, wie es bei allen Spaltungen, die sich auf Meinungen gründen, zu geschehen pflegt, nicht immer sehr freundlich begegneten. Die Neptunisten behaupten, daß zur Zeit der Entstehung der Erde die festen und flüssigen Theile unter einander gemengt, daß jene durchaus im Wasser aufgelöst gewesen sind, und daß die feste Rinde und überhaupt alle soliden Theile der Erde, die wir jetzt auf derselben bemerken, nur auf dem Wege der Austrocknung und der Präcipitation, des Bodensatzes, erhalten werden konnten. Die Plutonisten im Gegentheile wollten von allen diesen Auflösungen und Niederschlägen nichts wissen und erklären daher den in der Vorzeit flüssigen Zustand der Erde, den beide Parteien als eine Thatsache zugeben müssen, für eine Folge des Feuers oder der hohen Temperatur, mit welcher anfänglich die ganze Erde durchdrungen gewesen sey, und welche sich, seit so vielen Jahrtausenden, gegen den Mittelpunkt der Erde zurückgezogen habe, während die äußeren Theile derselben erkalteten, erstarrten und dadurch in den festen Zustand geriethen, in welchem wir sie jetzt erblicken.

Diese beiden Parteien stritten lang und heftig genug, aber die Beweise, welche sie für und gegen die aufgestellten Meinungen vorbrachten, waren nicht der Art, um die Sache zu entscheiden und den langen Kampf zu einem glücklichen Ende zu führen. Zu diesem Zwecke gab es nur ein

Digitized by Google

Mittel: die Spuren jenes Centralfeuers aufzusuchen, welche doch wohl zu finden seyn mußten, wenn anders die Hypothese der Plutonisten gegründet seyn sollte.

§. 137. (Centralfeuer der Erde.) Man weiß, daß in einer mäßigen Tiefe unter der Oberfläche der Erde, in unsern Kellern z. B., die Temperatur den ganzen Tag und das ganze Jahr immer unverändert dieselbe ist. Aber in größeren Tiefen? — Auch darüber hat man lange genug gestritten, ob in diesen größern Tiefen die Temperatur sich ändere, und wenn sie dieß thut, in welchem Verhältnisse sie es thue. Das Eintreten der äußeren Luft in unsere Bergwerke, die Luftzüge, die daselbst herrschen, selbst das Verweilen mehrerer Menschen in denselben, verbunden mit den Schwierigkeiten der Beobachtungen, alles erregte Zweifel und ließ lange zu keinem stehenden Resultate gelangen. Endlich wurde es durch zweckmäßig angestellte Versuche in unsern Minen ausgemacht, daß die Temperatur der Erde mit der Annäherung zu ihrem Mittelpunkte steige, und zwar in allen Breiten und zu allen Jahreszeiten nahe um einen Grad Reaumur für je 60 Fuß Vertiefung. Nachdem diese Thatsache einmal über alle Zweifel erhoben war, war auch das Recht der Plutonisten hergestellt, da diese Erscheinung, deren Daseyn nicht weiter geläugnet werden konnte, nicht anders, als durch eine sehr hohe Temperatur im Mittelpunkte der Erde sich erklären ließ, die sich allmählig gegen diesen Punkt zurückgezogen habe, während die anfangs flüssige Oberfläche derselben durch Verkühlung sich erhärtete.

Diese Verkühlung, welche bisher bloß auf die Oberfläche und die ihr zunächst liegenden Theile der Erde gewirkt hat, mußte aber auch noch eine andere Wirkung, die sich über die ganze Erde erstreckte, gehabt haben. Alle Körper dehnen sich bekanntlich aus, wenn sie erwärmt werden, so wie sie sich wieder durch die Kälte zusammen ziehen. Dasselbe mußte also auch mit der Erde geschehen seyn. Zu der Zeit ihrer Entstehung, wo sie von einem sehr hohen Grad der Temperatur durchdrungen war, muß sie auch viel größer gewesen seyn, als jetzt, sie muß sich durch die seit so vielen Jahrtausenden auf ihrer Oberfläche vorgegangene Verkühlung auf einen viel kleineren Raum zurückgezogen haben, als der ist, den sie ursprünglich eingenommen hat. Wir werden weiter unten noch einen anderen, wichtigern Grund für diese allmählige Zusammenziehung der Erde finden. Daß aber die anfängliche Temperatur der ganzen Erde sehr hoch gewesen seyn muß, wird man nicht leicht in Abrede stellen können, wenn man bemerkt, daß nach dem angegebenen Verhältnisse der Zunahme der Wärme in größeren Nähen bei dem Mittelpunkte der Erde, für eine Tiefe von einer deutschen Meile unter der Oberfläche der Erde die Zunahme der Temperatur schon 381 Grad Reaumur betragen müsse, bei welcher Hitze schon das Blei im flüssigen Zustande sich erhält. In der Tiefe von $3^{7}/_{10}$ Meilen unter der Oberfläche der Erde würde Gold, und in einer Tiefe von 34 Meilen würde selbst Eisen und Platin schmelzen, und wahrscheinlich nimmt die Temperatur in den größern Tiefen noch schneller zu, als in den geringen, in welchen allein wir sie bisher zu beobachten Gelegenheit hatten, so daß man also mit Recht in dem Mittelpunkte der Erde auch jetzt noch eine ungemein große Hitze annehmen kann.

§. 138. (Wirkung dieser Abnahme der Temperatur der Erde auf ihre Rotation.) Diese mit der Zeit an Volum abnehmende kugelförmige Erde dreht sich aber um ihre Axe. Welches immer die Kraft gewesen seyn mag, die diese Drehung hervorgebracht hat, ihre Wirkung auf die Rotation der Erde, d. h. die Geschwindigkeit dieser Rotation mußte, nach

Digitized by Google

dem Gesetze der Trägheit (§. 20) dieselbe bleiben, so lange die Größe, das Volum der Erde dieselbe blieb. Aber eben dieses Volum nahm, durch die allmählige Verkühlung der Erde, immerwährend ab, und was ist die Folge dieser Abnahme? — Offenbar eine Vermehrung der Geschwindigkeit, eine schnellere Drehung der Erde um ihre Axe. Ganz eben so wird ein Rad, mit derselben Kraft angestoßen, sich desto geschwinder drehen, je kleiner dasselbe ist, und umgekehrt. — Die Erde muß also, wenn alles Vorhergehende richtig ist, sich jetzt schneller drehen, als in der Vorzeit, der Tag muß jetzt kürzer seyn, als er ehedem gewesen ist, und wenn wir wissen könnten, wie viel der Tag kürzer geworden ist, so würden wir auch ein Mittel haben, zu messen, wie viel die Erde kleiner, ja selbst wie viel sie kälter geworden ist, als sie vor einer bestimmten Anzahl von Jahrtausenden gewesen seyn mag.

§. 139. (Diese Wirkung der Temperatur auf die Rotation der Erde ist unmerklich.) Dieß würde uns demnach auf eine andere, so oft aufgeworfene Frage führen: ob es wahr ist, wie die älteren Leute vorzüglich so gern klagen, daß unsere Sommer nicht mehr so warm sind, als sie in der Vorzeit gewesen seyn sollen.

Es könnte seyn, wenn nämlich der Tag jetzt in der That um vieles kürzer ist, als er früher war. Allein wir haben oben (§. 130) gefunden, daß die Länge des Tages seit dem Anfange unserer Zeitrechnung gewiß nicht einmal um den hundertsten Theil einer Secunde kleiner geworden ist. — Nehmen wir an, daß die mittlere Temperatur der ganzen Erde, nicht bloß die der Oberfläche derselben, seit zwei Jahrtausenden um einen Grad des Thermometers R. sich vermindert habe. Nehmen wir noch an, daß die Masse, aus welcher die Erde besteht, sich im Allgemeinen nur so wenig, als das Glas, d. h. um seinen hunderttausendsten Theil für jeden Grad des Thermometers ausdehne, daß also auch das ganze Volum der Erde seit jener Zeit um seinen hunderttausendsten Theil kleiner geworden sey. Die Mechanik lehrt uns, daß bei einer solchen Verminderung der Erdkugel die Geschwindigkeit der Umdrehung derselben um ihre Axe um ihren $^1/_{50000}$ Theil vergrößert, daß also auch der Tag von 86400 Secunden um seinen $^{86400}/_{50000}$sten Theil, das heißt, um $1^7/_{10}$ Secunde verkürzt würde. Allein er wurde, wie wir gesehen haben, in der That nicht einmal um den hundertsten Theil einer Secunde verkürzt, eine Größe, die 170mal kleiner ist, als $1^7/_{10}$ Secunden. Also ist auch die oben angenommene Abkühlung der Erde, ein Grad für 2000 Jahre, 170mal größer, als man sie diesen Schlüssen gemäß, annehmen kann, oder mit andern Worten: die mittlere Temperatur der Erde kann seit den letzten zwei Jahrtausenden noch nicht um den $^1/_{170}$sten Theil eines Grades Reaumur abgenommen haben. Die Klagen, welche unsere alten Leute, diese laudatores temporis acti, über die Abnahme der Wärme der Erde so gern anstimmen, sind daher ungegründet, so weit nämlich diese Abnahme von der seitdem Statt gehabten Abkühlung der ganzen Masse der Erde, und von dem Zurückziehen jenes Centralfeuers gegen den Mittelpunkt der Erde kommen soll.

§. 140. (Verhalten der Temperatur auf der Oberfläche der Erde.) Ganz anders aber verhält es sich auf der Oberfläche der Erde. Hier bewirkt nicht bloß jenes Centralfeuer, sondern auch die Gegenwart der Sonnenstrahlen, und zwar diese letzten in einem viel höheren Grad, als jenes, die von uns auf dieser Oberfläche beobachtete Temperatur. Zwar behaupteten Mairan, Buffon und Bailly, daß der Beitrag, den dieses Centralfeuer zu der Temperatur der Oberfläche der Erde liefere, denjenigen, welcher von der unmittelbaren Wirkung der Sonnenstrahlen komme, im

Digitized by Google

Sommer 30 und im Winter 400mal übertreffe. Diese Herren brauchten aber diese Zahlen zur Unterstützung ihrer schönen Romane von der Atlantis, und von dem berühmten Urvolke, das vor undenklichen Zeiten in den Hochebenen des mittleren Asiens alle Wissenschaften, und besonders die Astronomie bis zu einem bisher unerreichten Grad der Vollkommenheit ausgebildet haben soll. Allein Fourier hat diesen Gegenstand nicht einer leeren Declamation, sondern einer strengen Rechnung unterworfen, und gefunden, daß der Beitrag, den das Centralfeuer der Erde zu der auf der Oberfläche derselben herrschenden Temperatur liefert, gegenwärtig nur den dreißigsten Theil eines Grades Reaumur betrage. Dieß ist also sehr weit entfernt, die so sorgfältig ausgeschmückten Träume jener Geologen zu bestätigen. Jene Centralwärme der Erde, so groß sie auch in beträchtlichen Tiefen unter der Oberfläche derselben ist, hat sich doch schon so sehr gegen den Mittelpunkt zurückgezogen, daß sie die mittlere Temperatur der Oberfläche kaum mehr auf eine für unsere Instrumente merkbare Art vergrößert.

Die gänzliche Verschwindung dieses Centralfeuers, welche die Folge der Zeiten einmal heraufführen wird, kann daher auch nicht im Stande seyn, die von der Einbildungskraft jener Schriftsteller aufgestellten Besorgnisse zu unterstützen, nach welchen dann die Oberfläche der Erde einer entsetzlichen, alles Leben und jede Vegetation zerstörenden Kälte ausgesetzt werden soll. Uebrigens, wenn die Erde bei ihrer Entstehung, wie es sehr wahrscheinlich ist, in der That in einem Zustande der Incandescenz, die sich auch auf ihre Oberfläche erstreckte, gewesen ist, welche Reihe von Jahrtausenden mag erforderlich gewesen seyn, diese Temperatur bis auf die des dreißigsten Theils eines Grades herab zu bringen?

§. 141. (Wirkung der Sonne auf die Temperatur der Erdoberfläche.) Die Sonne ist daher bei weitem die vorzüglichste, man kann sagen, die einzige Ursache der Temperatur, welcher sich die Oberfläche der Erde erfreut. Diese Wirkung der Sonne auf die Erde ist aber eine doppelte. Die erste ist periodisch und geht bloß zu einer Tiefe von nahe fünfzig Fuß. Hart unter der Oberfläche und noch mehr über derselben ist diese Wirkung täglichen sowohl, als auch jährlichen Variationen unterworfen, die wir an unseren sogenannten Tages- und Jahreszeiten erkennen. Diese Variationen nehmen mit der Tiefe ab, und fünfzig Fuß unter der Oberfläche sind sie schon nicht mehr bemerkbar. Die zweite Wirkung der Sonne auf die Erde fängt im Gegentheile erst mit der Tiefe von 100 Fuß an, fühlbar zu werden. Hier gießt die Sonne täglich ihre Wärme aus, die sich dann in diesen tiefen Gegenden sammelt und vorzüglich die dem Aequator nahen Orte durchdringt, aber auch von da allmählig zu den Polen hin sich verbreitet.

Von den Wärmestrahlen der Sonne, welche die Erde erreichen, gehen die einen durch die Atmosphäre und die Gewässer des Oceans, während andere von diesen Flüssigkeiten absorbirt und wieder andere von ihnen in den Weltraum zurückgeworfen werden. Dieser letzte, unermeßliche Raum ist der Sammelplatz aller Wärme, die seit dem Anfange aller Dinge von den Himmelskörpern, von der Sonne, den Planeten und Kometen und von den Fixsternen ausströmte. Jeder dieser Körper hat seine ihm eigenthümliche, ursprüngliche Wärme, die er in Folge der Zeit durch Verkühlung immer mehr verliert. Aber auch jener Weltraum selbst, in welchem sich diese Körper bewegen, scheint seine eigene Wärme zu besitzen, die nicht bloß das Resultat jener Wärmeausstrahlung der Himmelskörper ist. Wenn dieser Raum ohne alle Wärme wäre, so würden die Pole unserer Erde einer ungemeinen Kälte ausge-

Digitized by Google

setzt seyn, die Temperatur von dem Aequator zu den Polen würde viel schneller abnehmen, die kleinsten Variationen in der Entfernung der Sonne von uns würden die Wärme auf der Oberfläche der Erde sehr stark ändern, und der Wechsel des Tages mit der Nacht würde einen plötzlichen, den meisten Thieren und Pflanzen unerträglichen Wechsel der Temperatur erzeugen. Da bei unserer Erde, wie wir gesehen haben, und wahrscheinlich auch bei den andern Planeten, die ursprüngliche Centralwärme derselben beinahe keinen Einfluß mehr auf die Oberfläche derselben äußert, so werden die Pole dieser Weltkörper nahe die Temperatur des Weltraumes haben, während die dem Aequator nahen Gegenden von der Sonne in einer viel höheren Temperatur erhalten werden. Aber für die äußersten Planeten unseres Systems, für Uranus z. B., ist ohne Zweifel der Einfluß der Sonne schon so gering, daß die Temperatur der ganzen Oberfläche eines solchen Planeten von jener des Weltraumes wohl nur unbedeutend verschieden seyn wird.

§. 142. (Wirkung der Sonne auf andere Planeten.) Die Sonne ist also die Quelle, nicht nur der Bewegungen so vieler Planeten und Kometen, sondern auch des Lichtes und der Wärme, deren sich die Bewohner dieser Himmelskörper erfreuen. Ihr wohlthätiger Einfluß ist es, der die Thiere und Pflanzen belebt, welche die Erde bedecken, und die aller Wahrscheinlichkeit nach, wenn auch anders gestaltet und organisirt, auf den übrigen Planeten wieder gefunden werden. Wie dürfte man auch annehmen, daß die Natur, deren Fruchtbarkeit wir hier so sehr zu bewundern Gelegenheit haben, auf so viel größeren Planeten unthätig seyn sollte, auf Jupiter z. B., der so, wie unsere Erde seine Tage und Nächte und seine Jahreszeiten hat, und auf dessen Oberfläche wir selbst in der großen Ferne, die uns von ihm trennt, noch Veränderungen vorgehen sehen, die von einer ungemeinen Kraft und Thätigkeit der Natur in jenen Gegenden zeugen. Der Mensch allerdings ist nur für die Temperatur dieser Erde geschaffen, von der er kömmt, und zu welcher er wieder zurückkehrt, aber anderen Himmelskörpern werden ohne Zweifel auch andere Organisationen nicht weniger angemessen seyn. Wenn auf unserer Erde der einzige Unterschied des Klimas schon so viele Abwechslungen in die Producte derselben gebracht hat; welche noch viel größere Verschiedenheiten dürfen wir bei allen diesen Planeten und den Satelliten derselben erwarten? Die lebhafteste Imagination kann sich diese Variationen nicht mehr vorstellen, aber das Daseyn derselben scheint dessenungeachtet nicht minder gewiß.

§. 143. (Ueberblick des Vorhergehenden.) Alles Vorhergehende zeigt, daß die Bewegungen unseres Sonnensystems sehr zusammen gesetzt sind, und daß ein seltener Scharfsinn und die Vereinigung der höchsten geistigen Kraft aller Jahrhunderte nöthig war, diese Verwicklungen zu entfalten, und in dem Ganzen ein einziges, Alles beherrschende Gesetz zu entdecken. Der Mond beschreibt seine beinahe kreisförmige Bahn um die Erde; allein, von der Sonne gesehen, scheint er eine Reihe von Epicykeln zu beschreiben, deren Mittelpunkte auf der Peripherie des großen Kreises liegen, in welchem die Erde ihre jährliche Bahn um die Sonne vollendet. Aber auch diese Sonne bewegt sich in dem unermeßlichen Weltraume und wird auf diesem Wege, wie der Mond von der Erde, von allen ihren Planeten und Kometen begleitet. Also auch diese Erde und alle Planeten beschreiben wieder andere Epicykeln, deren Mittelpunkte auf der Peripherie der Bahn liegen, welche die Sonne um den Schwerpunkt desjenigen Sternensystems zurücklegt, von dem sie selbst, mit allen ihren Begleitern, nur als ein kleiner, aber integrirender Theil

Digitized by Google

zu betrachten ist. Diese Sonne selbst wieder beschreibt neue Epicykeln, deren Mittelpunkte auf der Bahn liegen, die der Schwerpunkt jenes Sternensystems um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt eines Aggregats von ähnlichen Systemen bildet, und so fort und fort ohne Ende, wie wir annehmen müssen und wie es allein dem selbst unendlichen Urheber der Natur würdig und angemessen gedacht werden kann.

§. 144. (Gegenstände der Untersuchung für künftige Jahrhunderte.) Die Astronomie hat uns die Bewegung der Erde und die Epicykeln kennen gelehrt, die der Mond und die übrigen Satelliten um ihre Hauptplaneten beschreiben. Sie hat uns mit dem Gesetze, dem großen Regulator aller dieser Bewegungen bekannt gemacht, und sie hat selbst die scheinbaren Störungen und Ausnahmen von diesem Gesetze wieder unter die Herrschaft desselben zurückgeführt. Große Schritte, fürwahr! — Aber wenn es volle sechs Jahrtausende, denn so lange etwa währt unsere Menschengeschichte, gebraucht hat, diese Bewegungen der Planeten und ihrer Satelliten zu erkennen, welche Zeit wird erfordert werden, um auch die Bewegungen der Sonne und die der Fixsterne zu bestimmen? Schon fangen die Beobachtungen an, uns wenigstens die Existenz derselben erkennen zu lassen. Die sogenannte eigene Bewegung der Fixsterne scheint, wenigstens größtentheils, von einer Veränderung des Orts der Sonne im Weltraume zu kommen, und die erst seit Kurzem entdeckten Bewegungen der doppelten und vielfachen Sterne sind gleichsam die ersten Blicke des menschlichen Geistes jenseits der Gränze unseres Sonnensystemes, dessen Eigenschaften und Wunder uns bisher allein beschäftiget haben.

Aber selbst in diesem unserem Systeme, wie viel ist noch übrig, wie viele Arbeiten sind noch zu vollenden, die wir kaum angefangen haben. Die Satelliten Saturns sind uns nur wenig und die des Uranus beinahe ganz und gar nicht bekannt. Gibt es nicht jenseits des Uranus oder zwischen Mars und Jupiter noch mehrere Planeten? Die Störungen der vier neu entdeckten Planeten, die sie durch Jupiter erleiden, sind so groß, daß die bisherige Entwicklung der Theorie der Perturbationen nicht mehr hinreicht und daß neue Bereicherungen unserer Analyse erfordert werden, um die Bewegungen derselben mit der unseren gegenwärtigen Beobachtungen angemessenen Genauigkeit darzustellen. Auch die säculären Störungen der anderen Planeten werden erst in der Folge mit mehr Genauigkeit bestimmt werden, wenn wir zu einer genaueren Kenntniß der Massen dieser Himmelskörper gelangt sind. Die Theorie der Gestalt der Erde erwartet ebenfalls noch wichtige Verbesserungen, und ohne Zweifel wird einst ganz Europa mit einem großen Netze von Dreiecken überzogen seyn, die uns die Lage, Größe und Krümmung eines jeden Punktes dieses Welttheils kennen lehren werden. Zahlreiche und genaue Beobachtungen der Pendellängen an allen Orten der Erde, so wie der Ebbe und Fluth an allen Meeresküsten; die Entdeckung neuer und die genauere Bestimmung schon bekannter Kometen; die Berechnung der Störungen, welche diese Himmelskörper von den Planeten erleiden; der Einfluß, den die nächsten Fixsterne und vielleicht auch der Aether, in dem sich die Himmelskörper bewegen, auf die Planeten ausüben — alle diese und noch so viele andere Eigenschaften unseres Sonnensystemes müssen den Untersuchungen, dem Fleiße und der Einsicht der Nachwelt überlassen bleiben.

Und wenn sie einst diese Arbeiten vollendet haben wird, welche ganz neue Wege der Forschung werden sich ihr erst dann jenseits dieses unseres Sonnensystemes eröffnen! — Die Bestimmung der Entfernung der Fixsterne von einander und von der Sonne; die Bewegung der doppelten

Digitized by Google

und vielfachen Sterne und die der Sterngruppen um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt; die periodischen Lichtabwechslungen der sogenannten veränderlichen, und die wunderbaren Erscheinungen der neuen Sterne; ein vollständiges Verzeichniß aller Gestirne des Himmels, die genaue Bestimmung der Gestalt der Nebelflecken und der Veränderungen, welche die Zeit an ihnen erzeugt — dieß sind die Gegenstände jenseits unseres Sonnensystems, mit denen sich unsere späten Nachkommen mit Nutzen und mit Freuden beschäftigen werden, so lange der Sinn für Wissenschaft und für Alles, was gut und groß ist, unter ihnen nicht erstirbt, und so lange der Genius der europäischen Kultur die Fackel nicht auslöscht, deren Strahlen uns bisher so wohlthätig erleuchtet haben.

Kapitel XI.

Ursprung des Weltsystems.

§. 145. (Bisher aufgestellte Geologien.) Die Erde, die wir bewohnen, und selbst das ganze Sonnensystem, das uns von allen Seiten umgibt, ist ohne Zweifel nicht immer in dem Zustande gewesen, in dem wir es jetzt erblicken. Wie Alles was wir um uns und selbst in uns bemerken, verschiedene Stufen seiner Ausbildung durchgeht, bis es den höchsten Gipfel derselben erreicht, von welchem es dann wieder allmählig zurückschreitet, und dann einer, wenigstens scheinbaren Vernichtung, einer gänzlichen Umformung seines Wesens entgegen geht, so kann auch wohl der gegenwärtige Zustand unseres Sonnensystems nur eine der vielen Verwandlungen seyn, die dasselbe durchzugehen hat, um den ihm von der Natur gesetzten Zweck zu erreichen.

Es kann nicht unsere Absicht seyn, die Stufenleiter aller dieser vergangenen und künftigen Metamorphosen zu verfolgen, da deren nächste Sprossen schon so weit von uns abliegen, daß ein Unternehmen solcher Art, für einen menschlichen Geist, nicht nur verwegen, sondern rein unmöglich erscheint. Dessenungeachtet können wir es uns kaum versagen, wenigstens einige Blicke rückwärts in die dunkle Nacht zu werfen, aus der Alles, was wir um uns sehen, aus der wir selbst hervorgegangen sind, und daselbst einige lichte Punkte aufzusuchen, die vielleicht dazu dienen können, unsern eigenen und den Stammbaum des ganzen großen Hauses, dem wir angehören, wenn auch nicht bis zu seinen Wurzeln, doch bis zu den uns zunächst umgebenden Stellen etwas näher kennen zu lernen.

Diese Lust, seine Abstammung zu erfahren und sie auf so viele Generationen, als nur immer möglich, auszudehnen, diese dem menschlichen Geschlechte, wie es scheint, angeborene Sucht hat, nebst einer anderen

Digitized by Google

bekannten Kaste, ganz besonders die Sekte unserer sogenannten Geologen ergriffen. Ueber keinen Gegenstand hat man, in unserer hypothesenreichen Zeit, so viele, und man darf es kühn hinzusetzen, so alberne Theorien aufgestellt, als über die Entstehung der Erde. Nur die drei letzten Decennien haben ihrer mehr als ein halbes Hundert ausgebrütet, so daß auf jedes Jahr wenigstens zwei derselben kommen, und man ist dabei auf eine Art zu Werke gegangen, daß man sich eigentlich nur darüber wundern muß, warum man nicht noch mehr, warum man in derselben Zeit nicht wenigstens Tausend und Eines dieser Mährchen zu Tage gefördert hat. Allerdings wagt man es in unserer Zeit nicht mehr, mit einem großen Geologen des siebenzehnten Jahrhunderts, der auch zugleich ein großer Theolog gewesen seyn soll, zu behaupten, daß die großen Zähne, die man an den Ufern des Ohio gefunden hat, die Backenzähne der gefallenen Engel seyn sollen. Solche Behauptungen sind nicht mehr nach dem Geschmacke unserer Zeit, woraus aber im Geringsten nicht folgt, daß die neuen Moden auch zugleich besser oder vernünftiger sind, als jene, denen wir kaum mehr ein gutmüthiges Lächeln gönnen. Macht es doch der Quäcker Burnett, aus der letzten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts, um kein Haar besser, als sein Vorgänger, und benimmt sich dabei so dreist, als ob er selbst bei der Schöpfungsgeschichte einer der allernächsten Zuschauer gewesen wäre. Der berühmte Woodward nahm, um die Revolutionen, welche die Erde in der Vorzeit erfahren hat, zu erklären, ohne Weiteres an, daß einige der ewigen Gesetze der Natur auf gewisse Zeit aufgehoben seyn mußten, und er geht dabei so weit, daß man, um die Revolutionen, die in seinem eigenen Kopfe vorgegangen seyn mußten, zu erklären, die nicht minder ewigen Gesetze des Denkens, wenigstens wieder auf einige Zeit, aufzuheben gezwungen wird. Daß endlich erst in unseren Tagen die Erde als ein lebendes Thier dargestellt wurde, mit Eingeweiden und Sinnen versehen, und allen animalischen Verrichtungen des Einathmens, der Verdauung, Absonderung u. s. unterworfen, wird unsern Lesern bekannt genug seyn, um hier keine weitere Erläuterung dieser geistreichen Hypothese zu suchen. Wir wollen uns nicht damit befassen, die Meinungen aller dieser Gelehrten hier umständlich anzuführen, und noch weniger, sie zu widerlegen, was doch, wenigstens in Beziehung auf sie selbst, unmöglich wäre. Man muß diese Leute nicht stören, man muß sie gehen lassen, ja man soll sie vielleicht sogar um ihr Glück beneiden. Wir andern, die wir die Autokratie der sogenannten Vernunft anerkennen und an den Fesseln der Denkgesetze liegen, wir Armen sind gar nicht im Stande zu begreifen, wie glücklich ein Mann seyn muß, der ohne alle Gesetze und ohne allen Zwang, so allein für sich, in den Tag hineindenken darf.

§. 146. (Hypothese des Leibnitz und Whiston.) Da man die vorzüglichsten Meinungen, welche über diesen Gegenstand aufgestellt worden sind, ihrer Sonderbarkeit wegen, wenigstens historisch kennen soll, so wollen wir uns begnügen, dieselben hier so kurz als möglich mitzutheilen.

Leibnitz stellte (Protogea. Göttinq. 1749) die Ansicht auf, daß alle Planeten und Kometen, die Erde nicht ausgenommen, in der Vorzeit eben so viele wahre Sonnen gewesen seyen, die aber, nachdem sie älter geworden waren, ihre frühere jugendliche Kraft und mit ihr auch ihr selbstständiges Licht verloren haben. Woher aber jene Sonnen kamen und warum die noch scheinende Sonne nicht auch älter und schwächer geworden ist, fand er nicht für gut, uns zu erklären, wie denn überhaupt seine ganze Kosmogenie nur eine der vielen hingeworfenen Ideen war, mit welchen der große Mann sich in den Stunden zu vergnügen pflegte,

Digitized by Google

in welchen er das Feld der sichern Geometrie verließ, um auf dem etwas weicheren Moorboden der Phantasie auszuruhen.

Whiston im Gegentheile machte diese Speculationen zu dem eigentlichen Gegenstande seines Lebens und brütete darüber mit einer Vorliebe und mit einem Eifer, der einer bessern Sache würdig gewesen wäre. Er hatte sich in die Kometen verliebt und mußte auch aus ihnen Alles, seine eigenen Thorheiten nicht ausgenommen, mit der bündigsten Schärfe abzuleiten. Nach seiner Meinung war die Erde anfangs selbst ein Komet, aber ohne Axendrehung, daher auch ohne Bewohner, ein todter Klotz, der sich indeß doch um die Sonne bewegte. Nach vielen Millionen von Jahren stieß er zufällig mit einem andern Kometen zusammen, wodurch er anfing, sich um seine Axe zu drehen. Der Wechsel des Tages und der Nacht, der dadurch auf der Erde entstand, lockte Pflanzen und Thiere auf ihre Oberfläche hervor. Jahrtausende durch dauerte auf derselben eine paradiesische Zeit, die unser Gelehrter mit nicht minder lebhaften Farben schildert, als die darauf folgende Periode einer allgemeinen Verderbniß, die endlich so sehr überhand genommen hatte, daß es eines neuen Kometen bedürfte, um das ganze verruchte Geschlecht in seinem Wasser zu ersäufen. Seitdem geht es, wie wir alle wissen — und da es, wie ebenfalls bekannt, bereits stark Berg ab geht, so steht in Kurzem ein vierter und letzter Komet zu erwarten, der aber weder so flüssig wie der zweite, noch auch so wässerig wie der dritte, sondern der vielmehr ganz feuriger Natur seyn und die arme Erde mit Allem, was in und auf ihr ist, zu Staub und Asche verbrennen wird.

Bemerken wir noch zur Ehre unseres Geschlechtes, daß das Werk Whistons (Astronomical principles und a new theory of the earth. Cambridge 1708), in welchem er uns diese Dinge zum Besten gibt, bei seiner Erscheinung als eines der höchsten Producte des menschlichen Scharfsinnes bewundert und von Klein und Groß mit einer Gierde gelesen wurde, deren sich wohl nicht leicht ein anderer Roman bisher zu erfreuen das Glück gehabt hat.

Burnett (Telluris theoria sacra. Lond. 1816) suchte die Schöpfungsgeschichte der Genesis auf eine oft sehr sonderbare Weise mit seinen eigenen excentrischen Ideen in Uebereinstimmung zu bringen. Cartesius (Princip. Philosophiae. Amst. 1685) ließ die von jeher existirende chaotische harte Urmasse in Stücke zerspringen, die sich sofort in wirbelnde Bewegung versetzten, woraus endlich, man sieht nicht recht auf welche Weise, Sonne, Mond und Planeten herausgewirbelt wurden. Lazaro Moro wurde durch die Entstehung des Monte nuovo bei Neapel i. J. 1538 auf eine neue Schöpfungsgeschichte geführt, in welcher das Centralfeuer die Hauptrolle spielt und die man in seinem Werke (De crostacei. Venezia 1740) nachsehen kann. Pallas (Observations sur la formation des montagnes. Pétersbourg 1777) leitete die Entstehung der Welt ohne Hülfe des Feuers, aus dem Wasser des Urmeeres ab. Marschall von Bieberstein (Ueber den Ursprung des Weltgebäudes. Gießen 1802) zeigte, daß die Planeten und ihre Monde bloße Conglomerate von Meteorsteinen, also desselben Ursprungs mit unseren sogenannten Sternschnuppen sind, und was dergleichen Behauptungen mehr sind, die z. B. von Silberschlag, Scheuchzer, Hollmann, Plüche, Bourguet, Maillet und erst in den neuesten Zeiten von Wrede, Lamark, Hutton u. A. aufgestellt worden sind.

§. 147. (Buffon's Hypothese.) Auch Buffon, der Plinius unserer Zeiten, versuchte seine Kraft an diesem interessanten Gegenstande. Nach ihm war im Anfang aller Dinge bloß die Sonne und eine Unzahl von

Digitized by Google

Kometen da, welche letztere in allen möglichen Richtungen um die erste schwärmten. Einige von diesen Kometen mußten mit der Zeit der Sonne näher kommen, als es ihnen vielleicht selbst lieb seyn mochte. Da geschah von zwei Dingen eines: entweder begegnete der Komet der Sonne beinahe in einer auf die letzte senkrechten Richtung, und dann blieb er an der Sonne hängen, um ihre Masse zu vermehren und den Verlust zu ersetzen, den sie durch das Ausströmen ihres Lichtes erleidet — oder der Komet begegnete der Sonne nur in schiefer Richtung, er streifte bloß die Oberfläche derselben und riß daher ein größeres oder kleineres Stück der Sonne ab, um es fortan auf seiner großen Bahn mit sich weiter zu führen. Da die Sonne ihrer Natur nach, die Buffon sehr genau kennt, flüssig ist, und da alle Kometen, wie er ebenfalls mit Sicherheit bestimmen kann, von der Westseite kommen müssen, wenn sie an die Sonne stoßen wollen, so erklärt sich daraus ohne allen Anstand die Entstehung sowohl, als auch die Bewegung aller unserer Planeten. Jenes abgerissene Stück der flüssigen Sonne schleppte nämlich der Komet in Form eines Baches, eines Wasserschweifes, hinter sich her, und dieser Strom trennte sich in mehrere Theile, in verschiedene größere und kleinere Kugeln, die je nach ihrer Entfernung von der Sonne, in welcher sie entstanden, eine verschiedene Geschwindigkeit um diese Sonne und auch zugleich eine Rotation um ihre eigene Axe hatten. Auf diese Weise sind also die Planeten, und auf eine ganz ähnliche sind auch die Satelliten dieser Planeten entstanden. Und weil der Komet, wie gesagt, von West gen Ost zur Sonne kam, so ist dadurch auch sofort erklärt, warum die jährliche sowohl, als auch die tägliche Bewegung der Planeten in derselben Richtung, von West gen Ost, vor sich geht.

Da man zu Buffon's Zeiten die oben erwähnte Hypothese Whiston's schon wieder vergessen hatte, so wurde diese neue Darstellung des großen französischen Naturforschers sehr lange als die beste, ja als die einzig wahre, allgemein angenommen.

Dazu trug eben sowohl der blühende Styl, mit welchem er seinen Roman auszustatten wußte, als auch die verwegene Sicherheit bei, mit welcher er den Gegenstand bis in das kleinste Detail verfolgte, als ob er bei der Schöpfung der Welt ein naher Zuschauer gewesen wäre. So behauptete er z. B., daß jenes von dem Kometen abgerissene Stück der Sonne, mit welcher unsere Erde entstand, volle 3000 Jahre in dem Zustande des Glühens und weitere 34000 Jahre durch die Wirkung der Hitze im Flusse gewesen sey; selbst nach dieser Zeit sey das Meer noch ganz mit der Atmosphäre vermengt gewesen, weil die Erde noch immer so heiß war, daß sie alles Wasser in Dämpfe verwandelte. Nach ferneren 25000 Jahren fiel endlich dieses Wasser aus der Luft herab und bedeckte die Erde bis auf 12000 Fuß Höhe. In den folgenden 20000 Jahren verlief sich dieses Wasser allmählig in die Tiefen der Erde, vorzüglich in den Gegenden um den Aequator, wohin es von beiden Polen strömte, welche letzten daher zuerst trocken und kühler wurden, daher auch in den Polarländern die ersten Spuren des vegetabilischen und animalischen Lebens getroffen wurden, und was dergleichen Dinge mehr sind, die er seinen Lesern als unbezweifelbare Wahrheiten und als Resultate, die unmittelbar aus seinen Berechnungen (!) hervorgegangen sind, aufzudringen sich bemüht.

§. 148. (Franklin's Hypothese.) Franklin's Ansicht dieses Gegenstandes hat uns Lichtenberg mitgetheilt, und was Männer, wie diese beiden, auch nur in Nebenstunden und gleichsam im Vorbeigehen, aufzunehmen der Mühe werth finden, kann auch keinem Anderen unwillkommen seyn,

Digitized by Google

daher wir sie hier mit den Worten des Letzteren, nur etwas abgekürzt, wieder mittheilen wollen.

Zum besseren Verständnisse von Franklin's Idee wird man sich der bereits früher (I. §. 183) erwähnten Entdeckung Mariotte's erinnern, nach welcher unsere atmosphärische Luft, wenn sie zusammen gedrückt wird, an Dichtigkeit gerade so zunimmt, wie die Gewichte, durch welche der Druck bewirkt wird, so daß also ein doppelter oder dreifacher Druck auch die Luft zwei- oder dreimal so dicht macht. Die Physiker haben die hieher gehörenden Experimente schon sehr weit getrieben, und man kann sagen, daß sich die Luft endlich so stark zusammendrücken läßt, daß z. B. das Gold auf ihr schwimmen würde. Denkt man sich eine senkrechte, oben offene Höhle im Innern der Erde, und nimmt man an, daß die Luft in der Höhle mit der außer derselben, mit welcher sie im freien Zusammenhange ist, gleiche Temperatur habe und daß endlich das Mariotte'sche Gesetz durchaus für jede Tiefe, für jede Dichte der Luft gelte, so würde die Luft in der Höhle immer dichter werden, je tiefer sie läge, und bei einer Tiefe unter der Oberfläche der Erde von $7\frac{1}{2}$ deutschen Meilen würde das Wasser, von $10\frac{1}{2}$ Meilen das Zinn, von 11 Meilen das Silber und von $11\frac{1}{2}$ Meilen das Gold in dieser Luft schwimmen. Würde z. B. das Gold durch irgend eine Kraft noch unter diese Tiefe von $11\frac{1}{2}$ Meilen, in eine noch dichtere Luft gebracht und dann sich selbst überlassen, so würde es, gleich einem unter dem Wasser ausgelassenen Korkholze, bis zu der vorigen Tiefe von $11\frac{1}{2}$ Meilen hinauffahren.

Nun geht Franklin von dem Gedanken aus, daß die Zerstörungen, die wir auf der Erde bemerken, zu groß sind, als daß sie hätten entstehen können, wenn die ganze Erde, auch in unsern gegenwärtigen Zeiten, eine durchaus solide Masse wäre. Er meint also, sie bestehe in ihrem Innern aus einer Flüssigkeit, die dichter ist, als alle feste Körper, die wir auf der Erde kennen, und auf der daher diese festen Körper schwimmen können. Da nun die Luft, wie wir gesehen haben, durch Vermehrung des auf ihr lastenden Druckes einer so großen Dichtigkeit fähig werden kann, so wäre es möglich, daß die Erde selbst aus einer solchen Luft entstanden ist, die sich gegen den Mittelpunkt hin, etwa nach dem Mariotte'schen Gesetze, immer mehr und mehr verdichtet habe. In dieser Luft werden sich alle festen Körper, die entweder in sie gerathen, oder die aus ihr selbst und ihren ursprünglichen, heterogenen Bestandtheilen entstehen, jeder in eine bestimmte Entfernung von dem Mittelpunkte der Erde setzen, und wenn ihrer mehrere in gleichen Entfernungen von dem Mittelpunkte zusammen kommen, auch wohl eine Art von harter Kruste bilden, eine Rinde oder Kugelschaale, welche die innere, noch dichtere Luft ringsum einschließt, und die an manchen ihrer Stellen so dünn seyn kann, daß sie durch eine von Innen auf sie wirkende Kraft leicht dem Zerbrechen ausgesetzt wird.

Nimmt man also mit Franklin an, daß alle Materien mit ihren Kräften anfänglich wie ein Dunst durch den Weltraum verbreitet gewesen sind, so mußten sich, wenn die Anziehung der einzelnen Theile dieser Materie zu wirken anfing, die schweren Dunsttheilchen dem Mittelpunkte mehr nähern, und da sie sich, vermöge ihrer Elasticität, auch einander abstoßen, zugleich immer dichter werden, je mehr sie sich anhäuften, wodurch denn eben die erwähnte Luftkugel entstanden seyn kann, in welcher sich die übrigen Körper auf die angegebene Weise festsetzten. Viele dieser Körper, die anfangs zu tief in die Luft durch ihren Fall eingesunken waren, stiegen nachher wieder auf, schlossen sich an die übri-

Digitized by Google

gen an und bildeten endlich diese Kruste, diese Oberfläche der Erde, die wir bewohnen und die jetzt so tief in die ganze Luftkugel eingesenkt ist, daß bloß unsere gegenwärtige Atmosphäre darüber noch hervorsteht. Chemische Prozesse, Gasentwickelnngen, Explosionen von Dämpfen, die unter dieser Kruste in der so stark verdichteten Luft Statt haben, werden diese Kruste an einzelnen Stellen durchbrechen, wodurch die neptunischen und vulkanischen Revolutionen erklärt werden können, die unsere Erde schon so oft erlitten zu haben scheint, oder sie werden, wenn sie jene Kruste nicht zerbrechen können, in der untern Luft Wellen verursachen, die sich auf Tausende von Meilen erstrecken und uns als Erdbeben fühlbar seyn werden.

Dieser ursprüngliche Dunst, dieser Nebel, diese chaotische Urmaterie, oder wie man sie sonst nennen will, ist nicht mit unserer atmosphärischen Luft identisch, da diese letzte gleichsam nur ein Produkt, oder der feinste Theil von jener ist. Wir haben bereits oben, bei Betrachtung der Sterngruppen und Nebelmassen des Himmels gesehen, daß die Annahme einer solchen nebelartigen Urmasse sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich habe, eine Meinung, die schon Newton hatte, indem er behauptete, daß die ganze Welt sich aus einem flüchtigen Wesen niedergeschlagen zu haben scheine, wie sich Wasser aus Dampf niederschlägt, und daß dann dieser Niederschlag zu den mannigfaltigsten Formen zusammen geronnen sey, die wir jetzt an den Körpern der Erde bemerken.

Wem der Ausdruck, daß alle, auch die festen Körper, in letzter Analyse, aus Luft bestehen, zu auffallend erscheint, der erinnere sich nur, daß inflammable Luft, mit dephlogistisirter vermischt, Wasser gebe, und daß aus Wasser Eis werden kann, zu welchem sich jene gemischte Luft unmittelbar nicht verdichten läßt. Dieses Wasser auf gebrannten Gyps gegossen, verhärtet sich mit ihm zu einem steinförmigen Körper, aus dem wir Statuen machen, welche letztere also im Grunde aus zwei Luftarten bestehen. Wasser entsteht aus Luft, viele Pflanzen entstehen aus dem Wasser, und unzählige Thiere leben allein vom Wasser, Luft und Pflanzen, also von Luft und von solchen festen Körpern, die früher auch Luft gewesen sind. Was sind daher diese Thiere selbst gewesen? — So steht mit Eins der Elephant mit aller seiner Majestät und seinem Elfenbein da, aus Dunst zusammen geronnen, wie Franklin's Welt. — In der That, da die Natur die Pflanzen und Thiere nicht baut, wie wir unsere Häuser bauen, sondern sich derjenigen Kräfte dabei bedient, die sie in die kleinsten Elemente der Körper gelegt hat, und da diese Kräfte nur in den kleinsten Distanzen wirksam sind (§. 12), so ist immer Flüssigkeit nöthig, damit sich Alles finden und an einander fügen kann. Da aber auch diese sich bald verlieren oder durch ihre eigene Schwere nach den tiefsten Stellen ziehen würde, so müssen diese flüssigen Körper auch in elastische übergeben, d. h. in luftförmige Körper, auf die wir daher immer wieder in letzter Instanz zurück zu kommen gezwungen sind.

§. 149. (Besondere Eigenschaften des Planetensystems.) Obschon die Elemente des Planetensystems, wie es scheint, ganz willkührlich sind, so haben sich doch mehrere sehr merkwürdige Eigenheiten, die allen Bahnen gemeinschaftlich sind, und die daher auch eine besondere Betrachtung verdienen.

Man bemerkt nämlich nicht ohne Verwunderung, daß sich alle Planeten ohne Ausnahme in einer und derselben Richtung, von West nach Ost bewegen. Auch die Satelliten gehen in derselben Richtung um ihre Hauptplaneten. Ja selbst die täglichen Umdrehungen dieser Körper gehen sämmtlich von West nach Ost. Dieß ist in der That sehr auffallend.

Digitized by Google

luser System, so weit wir es jetzt kennen, besteht aus eilf Planeten und chtzehn Satelliten. Von denjenigen, deren tägliche Rotation durch die Beobachtungen bereits ausgemacht ist, kennen wir sechs Planeten, die Sonne selbst, unsern Mond, vier Monde Jupiters und einen Mond so ie den Ring Saturns. Dieß gibt demnach zusammen dreiundvierzig Bewegungen, die alle nach derselben Seite gerichtet sind. Eine so große lnzahl kann nicht gut die Folge eines bloßen Zufalls seyn. Wendet an darauf die bekannten Regeln der Wahrscheinlichkeit an, so findet an, daß man mehrere Millionen gegen Eins wetten kann, daß dieser uffallenden Uebereinstimmung so vieler Bewegungen eine einzige geeinschaftliche Ursache zu Grunde liege. Eine so große Wahrscheinlichkeit besitzt aber vielleicht keine einzige aller unserer sogenannten historichen Wahrheiten. Wir sind daher beinahe gezwungen, anzunehmen, aß irgend eine uns unbekannte Kraft diese Bewegungen hervorgebracht hat.

Eine andere nicht minder auffallende Eigenschaft unseres Sonnenystems ist die geringe Excentricität, die wir bei allen Planetenbahnen bemerken. Die sieben älteren haben alle sehr nahe eine kreisförmige Bahn; von den vier neuen fügt sich auch Ceres und Vesta demselben Verhältnisse, während Juno und Pallas bereits eine etwas größere, aber och noch lange nicht eine so große Excentricität haben, wie die Kometenbahnen. Ueberhaupt sind die Bahnen der Planeten und die der Kometen durch diese zwei Eigenschaften wesentlich und zwar so stark von inander unterschieden, daß selbst der Uebergang von der einen zu der ndern gänzlich vermißt wird. Von den Planeten kennt man keinen, essen Bewegung nicht von West gen Ost gerichtet wäre. Wenn nur iner derselben sich z. B. nahe von Süd gen Nord oder umgekehrt bewegte, wo man ihm dann weder eine westliche, noch eine östliche Bewegung zuschreiben könnte, so würde dieser gleichsam ein Verbindungsglied, inen Ring zwischen den zwei Ketten bilden, an deren einer die Planeen und an der andern die Kometen angereiht sind. Aber man kennt einen solchen Planeten, wohl aber mehrere Kometen, die sich auf diese Weise, und sehr viele, die sich von Ost gen West bewegen. Dasselbe gilt von der Excentricität. Alle Planetenbahnen haben eine sehr kleine Excentricität; selbst die der Juno, die größte unter allen, beträgt nur den vierten Theil ihrer großen Halbaxe, während im Gegentheile diejenige Kometenbahn, welche unter allen uns bekannten noch dem Kreise am nächsten liegt, die des Biela'schen Kometen schon eine Excentricität hat, die drei Viertheile ihrer halben großen Axe beträgt.

Dasselbe gilt endlich auch von den Neigungen dieser Bahnen gegen die Ekliptik oder vielmehr gegen den Sonnenäquator. Diese ist bei allen älteren Planeten ungemein klein, und selbst bei den meisten neuen noch immer sehr gering, während im Gegentheile die Neigungen der Kometenbahnen alle Grade des Halbkreises von 0° bis 180° durchlaufen.

Dieß sind aber offenbar Erscheinungen ganz anderer Art, als diejenige, welche wir bisher beobachtet haben. Die Bewegungen der Planeten in ihren Bahnen, ja selbst die sogenannten Störungen, welche diese Planeten erleiden, sind, wie wir gesehen haben, eine bloße und zugleich eine nothwendige Folge des Gesetzes der allgemeinen Schwere, und diese lassen sich auch aus diesem vollkommen erklären. Allein die drei Erscheinungen, von welchen hier die Rede ist, sind offenbar in keinem weiteren Zusammenhange mit jenem Gesetze und müssen daher aus einer ganz anderen Quelle abgeleitet werden. Denn welches auch dieses Gesetz der Schwere seyn mag, so wird sich doch ein ihm unterworfener Planet

Digitized by Google

eben so gut von West gen Ost, als umgekehrt, um die Sonne bewegen können. Wenn daher alle, ohne Ausnahme, nur in einer und derselben Richtung sich bewegen, so kann die Ursache davon nicht in jenem Gesetze, sondern sie muß in der primitiven Einrichtung des Systems, in einer Anordnung gesucht werden, die zur Zeit der Entstehung dieses Systems getroffen worden ist. Die Richtung der Bewegung eines Planeten, die Neigung der Ebene seiner Bahn, die größere oder kleinere Excentricität dieser Bahn — dieß sind gleichsam die willkührlichen Größen des Systems, mit denen der Urheber desselben nach seinem Willen und nach Zwecken verfügt hat, von welchen es uns vielleicht gegönnt ist, einige aufzufinden.

§. 150. (Laplace's Hypothese.) Diese drei, allen Planeten zukommenden Eigenschaften, die jährliche und tägliche Bewegung von West gen Ost, die geringe Excentricität und die ebenfalls sehr kleine Neigung ihrer Bahnen, von denen man bisher noch keine Rechenschaft geben konnte, scheinen nämlich auf eine das ganze System umfassende, gemeinschaftliche Kraft zu deuten, die bei dem Entstehen dieses Systems wirksam gewesen ist, und aus deren Kenntniß wir vielleicht etwas Näheres über diese Entstehung selbst ableiten können. Diesen Weg hat Laplace genommen, um den Ursprung des Planetensystems zu erklären, wie wir sogleich näher sehen wollen.

Welches auch die Ursache, die jene drei Erscheinungen erzeugte, gewesen seyn mag, so muß sie doch offenbar alle Planeten umfaßt haben, und da diese letzten durch so große Zwischenräume von einander getrennt sind, so kann sie nur in einer, anfänglich vielleicht bloß luftförmigen Flüssigkeit von ungeheurer Ausdehnung gesucht werden. Da sie allen Planeten eine beinahe kreisförmige Bewegung, in einer und derselben Richtung, um die Sonne gegeben hat, so wird diese Flüssigkeit die Sonne in Gestalt einer Atmosphäre umgeben haben. Diese Atmosphäre der Sonne, die vielleicht ursprünglich nur eine Fortsetzung des eigenen Sonnenkörpers war, hatte also anfänglich, wahrscheinlich durch die Wirkung einer in ihr herrschenden außerordentlichen Hitze, eine Ausdehnung, die noch weit über die Bahn des Uranus herausreichte, und die sich späterhin, in Folge ihrer Abkühlung, bis auf die gegenwärtige Gränze der Sonne zurückgezogen hat.

Damals glich also unsere Sonne einem jener Nebelsterne (II. §. 241), einem großen Lichtkern, umgeben von einer sphärischen Dunsthülle. Vor dieser Zeit mag selbst jener lichte Kern noch nicht da gewesen seyn und das Ganze bloß einem äußerst dünnen, weit verbreiteten, chaotischen Nebel geglichen haben.

Wenn jener lichte Kern, der Embryo der künftigen Sonne, durch irgend eine Kraft, wozu schon die Anziehung der benachbarten Theile außer der Sonnenatmosphäre hinreichend war, eine Bewegung, eine Rotation um sich selbst hatte, so mußte an dieser Rotation auch die ganze Atmosphäre der Sonne allmählig Theil nehmen. Wenn nun die anfangs so große Hitze aus den oberen Theilen oder Schichten dieser Atmosphäre entfloh, so mußte dadurch eine Trennung der Atmosphäre in einzelnen Schichten Statt finden, deren Bestandtheile sich, wie zuvor, so auch jetzt noch um die Sonne bewegten. War ferner irgendwo in diesen Schichten eine dichtere Masse vorhanden, so zog diese nach und nach die benachbarten Theile der Schichten an sich, rundete ihre Masse zu einer Kugelform ab und die Planeten entstanden. Man sieht, daß bei einer solchen Entstehung dieser Körper die Richtung der Bewegung derselben um die Sonne mit derjenigen übereinstimmen mußte, welche die Sonne selbst

Digitized by Google

hatte, daß also dadurch die gemeinschaftliche jährliche Bewegung dieser Planeten von West gen Ost sehr gut erklärt wird.

Da ferner die von der Sonne entfernteren Theile eines auf diese Weise entstandenen Planeten, wegen der Rotation des ganzen Sonnenkörpers, eine größere Geschwindigkeit hatten, als die dem Kern näheren Theile, so mußte hieraus auch eine Rotation dieser Planeten um ihre Axe, und zwar in der Richtung ihrer jährlichen Bewegung folgen, wodurch auch die gemeinschaftliche Richtung der täglichen Rotation dieser Planeten auf eine sehr einfache Weise dargestellt wird.

Diese Planeten, die aus der Verdichtung der benachbarten Theile einer Schichte der Sonnenatmosphäre entstanden, werden anfangs, wo die ihrem Innern zukommende Temperatur noch immer sehr hoch gewesen seyn mag, einen viel größeren Raum eingenommen, und sich, wie oben die Sonnenatmosphäre selbst, durch allmählige Abkühlung zu einem dichtern Kern, mit einer eigenen Dunsthülle, ausgebildet haben, wo dann die allmählige Abkühlung der äußersten Schichte dieser Planetenatmosphäre ganz auf dieselbe Art die Satelliten erzeugen konnte, wie oben die Planeten selbst aus der Sonnenatmosphäre erzeugt wurden.

Bei der Absonderung der sich allmählig abkühlenden Schichten von der übrigen, inneren Atmosphäre der Sonne, mußte die Masse, aus welcher diese Schichten bestanden, durch die Rotation der Sonne gegen den Aequator derselben hingetrieben werden, wodurch die oben erwähnte Erscheinung erklärt wird, daß nämlich die Bahnen aller Planeten nur in der Nähe des Sonnenäquators angetroffen werden, oder daß ihre Neigungen gegen die Ebene dieses Aequators sämmtlich sehr klein sind.

Wenn sich die äußerste Kugelschaale der Sonnenatmosphäre in Gestalt einer bereits mehr erkalteten, aber immer noch sehr erwärmten Flüssigkeit, durch die Rotation des Sonnenkörpers, auf eine für alle Theile dieser Schichte *gleichmäßige* Art zu dem Aequator herabsenkt, ohne sich in ihren einzelnen Partien zu trennen, und wenn auch die Conglomeration der Masse dieser Schichte um ihren neuen Kern mit ungestörter Regelmäßigkeit vor sich geht, so wird ein flüssiger, später durch weitere Abkühlung sich consolidirender *Ring* um diesen Kern entstehen. Aber die Regelmäßigkeit, die zur Bildung eines solchen Ringes nothwendig ist, wird eine Erscheinung dieser Art immer sehr selten machen, daher wir auch in unserem ganzen Sonnensysteme nur ein einziges Beispiel eines solchen Ringes, bei Saturn, antreffen. In den meisten Fällen wird der Ring schon in den ersten Zeiten seiner Bildung in mehrere abgesonderte Massen bersten, die dann für sich, als die Satelliten des neuen Planeten, ihren Weg um denselben zurücklegen.

Dieselbe Regelmäßigkeit der Bildung der Planeten würde, wenn sie in der That Statt gehabt hätte, die Planeten vollkommen in die Ebene des Sonnenäquators, und die Satelliten genau in die Ebene der Aequatoren ihrer Hauptplaneten gelegt haben, so wie sie auch die Bahnen aller dieser Körper zu vollkommenen *Kreisen* gemacht haben würde. Jede kleine Störung dieser Regelmäßigkeit wird aber Veränderungen in den Neigungen sowohl, als auch in den Excentricitäten dieser Bahnen hervorgebracht haben, und es scheint, daß diese Störungen nie groß genug gewesen sind, um das eine oder das andere dieser beiden Elemente zu stark von ihrem ursprünglichen Zustande zu entfernen, daher wir die Neigungen sowohl, als auch die Excentricitäten aller Planetenbahnen in so enge Gränzen eingeschlossen finden.

Nach dieser Hypothese, die mit den früher (II. §. 256) mitgetheilten Erscheinungen bei den Nebelmassen des Himmels sehr wohl übereinstimmt,

Digitized by Google

befand sich also die Sonne, oder wenigstens die nächste Umgebung, die Atmosphäre ihres Kerns, ursprünglich in einem luftförmigen Zustande. Die Masse dieser Atmosphäre mag nahe den siebenhundertsten Theil der ganzen Sonnenmasse betragen haben, da die Massen aller Planeten und Satelliten, die aus dieser Atmosphäre entstanden sind, dasselbe Verhältniß zur gegenwärtigen Masse der Sonne haben.

§. 151. (Rücksicht auf die Kometen bei dieser Hypothese.) Bei dieser Darstellung des Ursprungs unseres Planetensystems ist, wie man sieht, auf die Kometen keine Rücksicht genommen worden. Wenn aber die Kometen den Nebelmassen des Himmels ähnliche Körper sind, mit denen sie so Vieles gemein zu haben scheinen, so kann man annehmen, daß diese kleineren Nebelmassen von einem Sonnensysteme zu dem anderen in dem Weltraume umherirren und daß sie durch die Condensation des Urnebels entstehen, der in so erstaunenswürdiger Menge in dem Universum zerstreut ist. Aus diesem Gesichtspunkte betrachtet wären daher die Kometen für das Sonnensystem das, was die Aerolithen für unsere Erde sind, da diese der Erde eben so fremd zu seyn scheinen, als jene der Sonne. Diese Kometen sehen jenen Nebelmassen zuweilen so täuschend ähnlich, daß man sie oft genug mit ihnen verwechselt hat und daß man sie nur durch ihre eigene Bewegung von jenen unterscheiden. Auch zeigen sie uns, wie ihre in den Aphelien vielleicht sehr feste Masse durch die hohe Temperatur, welcher sie in ihren Sonnennähen ausgesetzt sind, sich bis zu einer luftförmigen Dunstwolke von einer so geringen Dichtigkeit verbreitet, daß man durch dieselbe, ihres großen Volums ungeachtet, doch noch die feinsten Sterne durchblicken sieht. Warum sollte ein Zustand, den diese Körper bei jedem ihrer Durchgänge durch das Perihelium erfahren, nicht auch einmal bei der Sonne selbst zur Zeit ihrer Entstehung möglich gewesen seyn?

Man kann daher annehmen, daß unser Sonnensystem anfänglich bloß aus dem Hauptkörper, aus der Sonne selbst, die aber damals einen viel größeren Raum einnahm, bestanden habe, und daß dieselbe von den in allen Gegenden des Weltraums zerstreuten, ihr selbst aber fremden Kometen umkreist worden sey. Da diese Kometen auf ihren Bahnen der Sonne mit verschiedenen Geschwindigkeiten und in verschiedenen Richtungen begegneten, so mußten auch ihre Neigungen alle möglichen Lagen gegen die Ekliptik haben, wie dieß den Beobachtungen vollkommen gemäß ist.

Nicht minder genügend wird auch dadurch die große Excentricität der Bahnen dieser Kometen erklärt. Wenn sie elliptisch sind, so müssen sie auch zugleich sehr länglich seyn, weil ihre großen Axen wenigstens eben so groß, als der Durchmesser der Sonne zu der Zeit seyn mußten, da dieser Centralkörper selbst noch so stark ausgedehnt war. Viele dieser Bahnen sind aber auch ohne Zweifel hyperbolisch; allein da wir die Kometen nur dann sehen können, wenn sie der Erde, also auch der Sonne näher kommen, so wird in dieser Nähe der hyperbolische Bogen der Bahn, wegen der ungemeinen Größe seiner Axe, einem parabolischen immer sehr nahe kommen und daher leicht mit ihm verwechselt werden können.

Dieß mag die Ursache seyn, warum wir noch keinen Kometen gefunden haben, dessen Bahn ganz sicher als eine hyperbolische erkannt wurde, da im Gegentheile bei den meisten derselben die Parabel hinreicht, die Beobachtungen dieser Himmelskörper darzustellen.

Einige dieser Kometen sind auch wohl in die Atmosphäre der Sonne zu der Zeit gestürzt, als diese noch in ihrer Bildung begriffen war. In diesem Falle mußten sie, in dem widerstehenden Mittel dieser Atmosphäre,

Digitized by Google

Spiralen beschreiben und entweder sich mit dem Kern der Sonne vereinigen, oder, wenn sie früher einem Planeten begegneten, durch ihren Stoß die Ebene der Bahn und des Aequators dieser Planeten von der Ebene des Sonnenäquators entfernen, wodurch die verschiedenen Neigungen dieser Bahnen und die schiefe Stellung ihrer Rotationsaxen erklärt werden kann.

§. 152. (Bemerkungen über diese Hypothese.) So schön und sinnreich diese Erklärung erscheint, so kann sie doch, wie auch Laplace selbst bemerkt, nur mit demjenigen Mißtrauen vorgetragen werden, dem Alles ausgesetzt bleiben muß, was nicht unmittelbares Resultat einer strengen Berechnung ist. Sie setzt voraus, daß die Masse, aus welcher unser Planetensystem entstanden ist, anfänglich in einem flüssigen Zustande gewesen ist. Dieß ist allerdings sehr wahrscheinlich, da zur Zeit der ersten Entwicklung dieses Systems die festen und flüssigen Körper, aus denen es bestand, noch nicht gesondert seyn konnten. Für die Erde wurde dieß schon oben §. 135 gezeigt; für den Mond läßt sich, wie wir §. 119 gesehen haben, die Gleichheit seiner Revolution und Rotation ebenfalls nicht wohl anders erklären, als wenn wir die Masse desselben zur Zeit seiner Entstehung flüssig annehmen, und selbst die merkwürdigen Verhältnisse, welche zwischen den Umlaufszeiten und den mittleren Längen der drei ersten Satelliten Jupiters Statt haben (I. §. 177), müssen ihren Ursprung in einer ähnlichen Ursache haben. Wenn nämlich diese Verhältnisse zur Zeit der Entstehung dieser Satelliten nicht ganz genau Statt hatten, was äußerst unwahrscheinlich ist, wenn diese Längen und Umlaufszeiten auch nur beinahe das gegenwärtige Verhältniß hatten, so war, wenn anders die Masse dieser Satelliten ursprünglich flüssig war, die bloße Anziehung ihres mächtigen Hauptplaneten schon hinreichend, durch die Verlängerung der gegen diesen Planeten gerichteten Monddurchmesser, jenes Verhältniß in seiner ganzen Strenge herzustellen und zu erhalten.

Demungeachtet wird eine nähere Betrachtung dieser Hypothese bald finden, daß auch hier noch einige Zweifel zu lösen sind, um sie in allen Beziehungen als vollkommen befriedigend anzuerkennen. Ohne davon sprechen zu wollen, wo und was diese in einem so weiten Raum ausgedehnte Sonne vor jener Zeit gewesen ist, sieht man doch keinen Grund, warum die sich von der Sonne allmählig absondernden Theile ihre Kraft der Selbstleuchtung verloren haben, die dem übrigen Theile der Sonne, so wie wir sie jetzt sehen, noch beiwohnt. Die Kometen werden bei dieser Hypothese als dem Systeme fremde Körper betrachtet, da sie sich doch eben so, wie die Planeten, und nach denselben Gesetzen, um dieselbe Sonne bewegen. Zudem sind eben sie es, die, wie wir oben (I. §. 155) gezeigt haben, die eigentliche Bevölkerung unseres Sonnenstaates ausmachen, da ihre Anzahl die der wenigen Planeten vielleicht Millionenmal übertrifft. Diese Kometen aber lassen sich, in Beziehung auf ihre Excentricität, auf ihre Neigung und auf die Richtung ihrer Bewegung durchaus nicht mit jener Hypothese in Uebereinstimmung bringen, mit der sie vielmehr in directem Widerspruche stehen. Endlich läßt sich auch das Verhältniß der Dichtigkeiten der Planeten und der Sonne selbst nicht wohl mit jener Hypothese vereinigen, da diese Dichtigkeiten nach irgend einem Gesetze von der mittleren Entfernung der Planeten von der Sonne abhängen sollten, wenn sie in der That auf die oben erwähnte Weise entstanden sind. Allein nach der in §. 54 gegebenen Tafel ist die Dichte des Uranus größer, als die des Saturn, und Saturn hat wieder eine kleinere Dichte, als Jupiter, Merkur, der nächste Planet an der

Digitized by Google

Sonne, hat die größte Dichte unter allen älteren Planeten, und diese Sonne selbst, die doch vor allen übrigen die dichteste Masse haben sollte, besteht aus einem mehr als fünfzehnmal lockerern Gewebe, als Merkur.

Endlich wollen wir noch bemerken, daß dieselbe Hypothese mit allen ihren Hauptmomenten schon früher von einem Manne aufgestellt worden ist, auf den unser deutsches Vaterland stolz zu seyn Ursache hat. Kant hat in seiner Schrift: „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie „des Himmels. Königsberg 1755" aus denselben drei allgemeinen Erscheinungen unseres Planetensystems dieselben Folgerungen abgeleitet und auf eine seinem Geiste würdige Art ausgeführt, so daß die Nachwelt diese Entdeckung, wenn sie sich bewährt, mit Recht nach seinem Namen nennen wird.

Kapitel XII.

Dauer des Weltsystems.

§. 153. (Welche Art von Störungen hier betrachtet werden.) Nachdem wir in dem vorhergehenden Kapitel es gewagt haben, unsere Untersuchungen über den Zustand des Sonnensystems in der grauen Vorzeit auszudehnen, wollen wir nun auch unsern Blick in die ferne Zukunft richten und zusehen, was wir da zu hoffen oder zu fürchten haben.

Wir haben in diesem Systeme mehrere Eigenheiten entdeckt, die uns in den Stand setzten, auf den Zustand desselben in einer Epoche, von welcher der Anfang unserer Menschengeschichte ohne Zweifel sehr weit entfernt ist, wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit zurückzuschließen. Sollte es nicht auch einige andere Eigenheiten dieses Systems geben, die uns Mittel darbieten, das Schicksal desselben in der fernen Zukunft wenigstens so weit zu entschleiern, um daraus einige Beruhigung für die fernere Dauer dieses großen und wunderbaren Gebäudes abzuleiten? Wenn auch wir selbst und Alles, was mit uns auf dieser Erde lebt, wieder zu dem Staube zurückkehren müssen, von dem wir genommen sind, und wenn wir uns willig in dieses allen lebenden Wesen gemeinsame Loos ergeben, so können wir doch den Wunsch nicht unterdrücken, daß nach unserem Abtreten von diesem Schauplatze wieder andere Wesen, in immer fortgehender Reihe, auf derselben Bühne sich ihres Lebens freuen, daß der Himmel, der jetzt über uns ausgespannt ist, bleiben und bestehen, und daß dieselbe Sonne und derselbe Mond, die uns in unserem Leben oft so freundlich geleuchtet haben, auch noch die Blumen bescheinen möge, die in der fernsten Zukunft über unsern Gräbern blühen werden.

Man sieht ohne mein Erinnern, daß bei Untersuchungen dieser Art

Digitized by Google

nicht von solchen Störungen die Rede seyn kann, die durch unvorherzusehende, äußere Kräfte bewirkt werden. Vielleicht wird ein uns noch unbekannter Komet unsere Erde zertrümmern, oder in seinen Fluthen ersäufen, oder sie zu Asche verbrennen und die Trümmer derselben in den Weltenraum zerstreuen. Vielleicht wird einst dieses ganze System, wie jener Fixstern in der Cassiopeia, durch irgend eine uns ebenfalls unbekannte Ursache in Brand gerathen und auflodern, so daß von allem, was uns jetzt umgibt, keine Spur mehr zu finden seyn wird. Solche Katastrophen, sie mögen nun möglich seyn oder nicht, sind nicht vorauszusehen, und stehen in keinem weitern Zusammenhange mit einer in der Folge der Zeiten auf natürlichem Wege nothwendigen oder vorauszuberechnenden Zerstörung, von der hier allein die Rede seyn kann. Daß ein Mensch vom Blitze getödtet wird, kann keinen Einfluß auf die kürzere oder längere Dauer des ganzen Geschlechts haben. Aber daß alle Menschen und überhaupt alle lebende Wesen immerwährenden Reibungen und Abnutzungen ihrer Körper unterworfen sind, dieß läßt uns nur gar zu gewiß auf einen endlichen Stillstand der ganzen Maschine schließen. Und jene große, bewunderungswürdige Maschine über uns — trägt sie auch solche Spuren, aus denen wir, wenn auch in der fernsten Zukunft, auf ihren Stillstand, auf ihre Auflösung schließen können?

Man sieht, daß hier vorzüglich von denjenigen Störungen die Rede ist, welchen die einzelnen Körper unseres Sonnensystems unterworfen sind. Wir haben bereits oben (§. 76) gesehen, daß diese Störungen zweierlei Art sind. Die periodischen, welche bloß den Ort der Planeten in seiner Bahn angehen, und die säculären, welche diese Bahn selbst mit der Zeit verändern. Die ersten können offenbar keinen Einfluß auf eine einstige Zerstörung des Ganzen haben. Aber die zweiten? — Sie könnten es, und sie würden es auch, wenn anders diese Aenderungen der Bahnen mit der Zeit, also ohne Ende, und immer nach derselben Richtung fortgingen. Allein das thun sie nicht, wie wir bereits oben gezeigt haben. Und so scheint denn auch, von dieser Seite wenigstens, nichts zu fürchten.

§. 154. (Vorzügliche Rücksicht auf drei Elemente der Planetenbahnen.) Da diese Sache schon an sich, und besonders in Beziehung auf uns selbst von so großer Wichtigkeit ist, so wird es nicht unangemessen seyn, sie etwas näher zu betrachten.

Es ist bereits oben (I. §. 142) gesagt worden, daß jede Bahn eines Planeten oder Kometen sechs Bestimmungsstücke oder Elemente hat, an denen man sie erkennen und von allen andern unterscheiden kann. Diese Elemente sind: 1) die große Axe oder die Umlaufszeit; 2) die Excentricität; 3) die Neigung der Bahn; 4) die Länge des Perihelium; 5) die Länge der Knotenlinie und 6) die Epoche oder der Ort des Planeten in seiner Bahn zu einer gegebenen Zeit.

Es wird nicht nothwendig seyn, hier umständlich zu zeigen, daß die drei letzten der sechs genannten Elemente in Beziehung auf die längere Fortdauer des ganzen Systems ganz gleichgültig und ohne allen Einfluß sind. Ob die große Axe nach dieser oder nach einer andern Gegend des Himmels gerichtet ist, ob die Planetenbahn die Ebene der Ecliptik in dieser oder in einer anderen Linie schneidet, das kann die Stabilität des Ganzen im Allgemeinen eben so wenig stören, als dieselbe von dem Orte des Planeten in seiner Bahn zu irgend einer Zeit abhängig seyn kann.

Nicht so ist es aber mit den drei erstgenannten Elementen. Die große Axe darf durchaus gar keiner Aenderung unterworfen seyn, selbst nicht einer periodischen, weil eine solche, der Natur der Sache nach, so

Digitized by Google

fort in ein immerwährendes Wachsen oder Abnehmen derselben übergehen würde, deren zerstörende Folgen für das Ganze wir bereits oben (§. 132) näher angegeben haben. Die beiden anderen Elemente aber, die Excentricität und die Neigung der Bahn, können wohl solche Aenderungen leiden, aber diese Aenderungen müssen in bestimmte Grenzen eingeschlossen seyn, wenn sie das System in die Länge nicht gefährden sollen. Wenn z. B. die Excentricität der Erdbahn mit der Zeit immer größer, oder wenn diese Bahn selbst immer ovaler werden, oder wenn der Mond in seinem Laufe der Erde immer näher kommen möchte, so würde in dem ersten Falle, wie wir bereits oben (§. 96) gezeigt haben, unser Jahr seinen Charakter in Beziehung auf die Temperatur gänzlich ändern, und in dem zweiten Falle würde der Mond endlich auf die Erde stürzen müssen. Wenn die Excentricitäten der andern Planeten ähnlichen Veränderungen unterworfen wären, so würden mehrere von ihnen der Erde einmal sehr nahe kommen, unsere und auch ihre Jahre würden bald sehr kurz, bald wieder sehr lang seyn, unsere Jahreszeiten würden sich an keine bestimmte Temperatur mehr binden, die jetzt scheinbar nur kleineren Planeten und die Monde derselben würden, wenn sie uns näher kämen, zu einer ungeheuren Größe erwachsen, und wieder andere sich unserem Anblicke gänzlich entziehen; die Fluthen des Meeres würden, gleich so vielen Sündfluthen, von Zeit zu Zeit die ganze Erde überschwemmen, und die am Ende unvermeidliche Collision unserer Erde mit einem der andern Himmelskörper würde alle Organisation auf beiden, und vielleicht beide Körper selbst zerstören.

Nun zeigt die Analyse, daß z. B. die Entwicklung der meisten dieser Elemente aus Reihen besteht, deren Glieder alle, bis auf eines, nur Sinus von Winkeln enthalten, die mit der Zeit fortgehen. Da aber die Sinus bekanntlich selbst nur periodisch zu- und abnehmende Größen sind, so würden auch jene drei Elemente dergleichen Größen seyn, wenn jene Reihe nicht noch ein Glied enthielte, das der Zeit selbst proportional ist. Vermöge dieses letzten Gliedes können also jene Elemente selbst ohne Gränzen wachsen, und sie thun dieses auch, doch, wie gesagt, ohne alle Gefahr für die Stabilität des ganzen Systems. Die drei ersten Elemente aber zeigen, wenn sie ebenfalls in Reihen entwickelt werden, durchaus nur Glieder, welche die Cosinus jener Winkel, und kein der Zeit selbst proportionales Glied enthalten, woraus man denn den Schluß gezogen hat, daß auch diese drei Elemente keine mit der Zeit fortgehende, sondern nur periodisch wiederkehrende Aenderungen erleiden können.

§. 155. (Berichtigung der vorhergehenden Betrachtung.) Allein dieser Schluß, mit welchem man sich lange begnügte, ist nicht ganz richtig. Poisson hat zuerst gezeigt (Conn. des tems 1830), daß es nicht genug ist, wenn diese Reihen bloße Cosinus enthalten, damit jene Elemente nicht ohne Aufhören wachsen, oder abnehmen können, sondern daß auch noch diese Reihen convergent seyn, d. h. daß ihre auf einander folgenden Glieder immer kleiner seyn müssen, wenn jener auf sie gebaute Schluß vollkommen streng seyn soll.

Was nun die Reihe für die große Axe der Bahnen betrifft, so ist sie, wie man zeigen kann, immer convergent, und überdieß der Art, daß ihre Veränderung, wenn man statt der in ihr enthaltenen allgemeinen Zeichen die numerischen Werthe für jeden Planeten substituirt, immer gleich Null ist, wie schon oben (§. 133) gesagt wurde. Von dieser Seite, und sie ist die wichtigste von allen, ist also für eine Störung der Stabilität unseres Sonnensystems weiter nichts zu besorgen.

Die Entwicklung für die Excentricität und die Neigungen der Bahnen

Digitized by Google

aber gibt Reihen, von welchen es sehr schwer ist, mit Bestimmtheit zu sagen, ob sie convergiren oder nicht. Poisson hat jedoch gefunden, daß die Beschaffenheit dieser beiden Elemente auch von zwei Gleichungen abhänge, die in Beziehung auf unsern Gegenstand von der größten Wichtigkeit sind. Wenn nämlich diese Gleichungen auch nur zwei reelle und gleiche, oder auch wenn sie zwei imaginäre Wurzeln haben, so mögen jene Reihen immerhin convergent seyn: diese beiden Elemente können doch proportional mit der Zeit, d. h. ohne Ende wachsen, und die endliche Zerstörung des Systems würde darum nicht weniger gewiß heraufgeführt werden.

Nun hat aber schon früher Laplace gezeigt, daß die Wurzeln dieser beiden Gleichungen in einem bestimmten Falle immer reell und unter sich ungleich seyn werden, und dieser Fall tritt dann ein, wenn die Planeten alle sich nach derselben Richtung um die Sonne bewegen. Dieß hat aber glücklicher Weise in unserem Systeme statt, wo sich alle Planeten ohne Ausnahme von West nach Ost bewegen, und die unmittelbare Folge davon ist, daß die Excentricitäten sowohl, als auch die Neigungen der Bahnen dieser Planeten nicht mehr ohne Ende wachsen, sondern daß sie immer nur zwischen zwei Gränzen, und zwar zwischen zwei sehr engen Gränzen auf und nieder gehen können, oder mit anderen Worten, daß die Stabilität unseres Systems gesichert, und die Fortdauer desselben gleichsam für immerwährende Zeiten bedingt wird.

Eine nähere Betrachtung dieses Gegenstandes läßt uns selbst noch mehrere andere Einrichtungen entdecken, die, da sie der Rechnung nicht unterworfen werden können, mehr das Gepräge des Zufalls tragen, während sie vielleicht in der That absichtlich zu demselben Zwecke dienen. So haben von den ältern Planeten Merkur und Mars die größte Excentricität, aber auch die kleinsten Massen, und von den vier neuen Planeten sind die Excentricitäten sehr groß, aber auch die Massen äußerst gering. Wenn Jupiter, der größte aller Planeten, eine solche Excentricität seiner Bahn hätte, wie Juno oder Pallas, so würde es um die Stabilität unseres Sonnensystems wahrscheinlich sehr schlimm stehen. Die Erde und andere kleinere Planeten würden durch die äußerst ungleichen Attractionen Jupiters, ihre jetzt nahe kreisförmigen Bahnen in sehr langgedehnte Ellipsen verwandeln, und entweder in die Sonne stürzen oder auch von ihr in immer weiter entfernte Gegenden des Himmels sich verlieren. Noch viel auffallender endlich erscheint diese Verbindung großer Excentricitäten mit sehr kleinen Massen bei den Kometen, die, wenn sie mit beträchtlicheren Massen versehen wären, bei ihrer großen Anzahl und der Ungebundenheit ihrer Bewegungen nach allen Richtungen des Himmels, nicht anders als zerstörend auf unser Sonnensystem einwirken könnten.

§. 156. (Merkwürdige, hieher gehörende Gleichungen) Derselbe große Geometer nämlich, dem wir so viele schöne Entdeckungen in diesen höheren Gefilden der Sternkunde verdanken, hat gefunden, daß zwischen den drei Elementen, von welchen hier vorzüglich die Rede ist, und zwischen den Massen der Planeten mehrere Gleichungen existiren, deren Grund wir zwar hier nicht näher angeben können, die aber zu wichtig und zu interessant sind, um ganz übergangen zu werden.

Man denke sich von irgend einem Planeten, z. B. von Merkur das dreifache Produkt, dessen Faktoren die Masse dieser Planeten, das Quadrat seiner Excentricität, und die Quadratwurzel seiner großen Axe sind. Nennt man dieses Produkt für Merkur a, für Venus a', für die Erde a'' u. s. w., so zeigen jene höheren Rechnungen, daß die Summe aller dieser

Digitized by Google

Größer a, a', a''.. für alle Zeiten eine constante oder unveränderliche Größe seyn müsse. Nun ist die Masse eines jeden Planeten, wenn man die Sonnenmasse als Einheit annimmt, so wie auch das Quadrat der Excentricität, wenn man die halbe große Axe der Bahn als Einheit voraussetzt, den Beobachtungen gemäß, bei allen Planeten eine sehr kleine Größe, also muß auch die Größe a, a', a''.. und daher auch jene Constante, wenigstens bei dem gegenwärtigen Zustande unsers Planetensystems, eine sehr kleine Größe seyn. Allein da diese Constante, wie gesagt, eine für alle Zeiten unveränderliche, also auch immer nur eine sehr geringe Größe ist, so müssen auch die einzelnen Glieder a, a', a''.. jener Summe immer nur sehr klein seyn. Diese Glieder bestehen aber aus den Massen und den halben Axen der Bahnen, die, wie bereits bekannt, immer dieselben bleiben, und endlich aus den Excentricitäten dieser Bahnen, welche letztere daher ebenfalls immer sehr klein bleiben müssen, weil die Glieder a, a', a''.. wie wir gesehen haben, nur sehr kleine Werthe haben können.

In der That, wenn auch nur ein einziges dieser Glieder a, a', a''.. mit der Zeit sehr groß werden könnte, d. h. also, wenn nur eine einzige Excentricität unseres Sonnensystems ohne Ende wachsen könnte, so würde dadurch jene Summe, oder, was dasselbe ist, jene Constante selbst unendlich groß werden. Allein sie ist jetzt, wie die Beobachtungen zeigen, sehr klein, und muß daher, da sie eine Constante ist, immer sehr klein bleiben, also kann auch nicht eine einzige jener Excentricitäten über alle Gränzen hinaus wachsen, sondern alle müssen vielmehr immer zwischen zwei engen Werthen, über welche sie sich nie entfernen können, eingeschlossen bleiben, — *vorausgesetzt* nämlich, daß alle jene Glieder a, a', a''... *positive* Größen sind. Wenn auch nur eines derselben einen negativen Werth erhielte, so würden die obigen Schlüsse offenbar nicht mehr angewendet werden können. Dann könnten nämlich zwei dieser Glieder ohne Anstand in's Unendliche zunehmen, und ihre Summe doch noch eine sehr kleine Größe bleiben, wenn nur das eine dieser Glieder positiv, und das andere negativ wäre. Allein dieser Fall kann in unserem Planetensystem nie eintreten. Und warum nicht? — Aus dem bereits oben angegebenen Grunde: weil nämlich die Bewegungen aller Planeten durchaus nach derselben Richtung vor sich gehen. In diesem Falle muß man nämlich von den beiden Zeichen, die jeder Quadratwurzel, also auch der oben erwähnten Wurzel der großen Axe eigen sind, in allen Gliedern a, a', a''.. immer *dasselbe* Zeichen nehmen, so daß die positiven Werthe dieser Größen genommen werden müssen, wenn die Planeten von West nach Ost, und die negativen, wenn sie von Ost nach West gehen. Da nun in unserem Sonnensysteme alle Planeten von West nach Ost sich um die Sonne bewegen, und da überdieß die Massen derselben, so wie die Quadrate der Excentricitäten ihrer Bahnen, schon an sich positive Größen sind, so sind auch alle jene Glieder a, a', a''.. selbst positiv, und der angeführte Schluß, daß diese Excentricitäten für immerwährende Zeiten nur kleine Größen bleiben müssen oder nie über bestimmte Gränzen hinauswachsen können, ist daher hier in seiner ganzen Stärke anwendbar.

Einen ganz ähnlichen Ausdruck erhält man auch für die Neigungen der Bahnen gegen die Ecliptik. Nennt man nämlich wieder b das dreifache Produkt der Masse eines Planeten in das Quadrat der Tangente der Neigung, und in die Quadratwurzel der großen Axe der Bahn, und bezeichnet man für einen zweiten Planeten dasselbe Produkt durch b', für einen dritten durch b'' u. s. w., so zeigt die Analyse, daß die Summe der Größen b, b', b''.. in unserm Systeme eine für alle Zeiten unver-

Digitized by Google

änderliche Größe ist. Diese Größe ist aber jetzt, den Beobachtungen gemäß, sehr klein, also muß sie auch immerfort sehr klein bleiben, und zwar aus derselben Ursache, weil die Größen b, b', b''.. alle positiv, oder, mit andern Worten, weil die Bewegungen der Planeten alle nach derselben Seite gerichtet sind.

§. 157. (Folgerungen aus dem Vorhergehenden.) Wir sehen daher, daß vermöge einer sehr einfachen Einrichtung unseres Sonnensystems die großen Axen der Bahnen völlig unveränderlich sind, und daß die Excentricitäten und die Neigungen derselben sich zwar ändern, aber daß auch diese Aenderungen in bestimmte, meistens sehr enge Gränzen eingeschlossen sind, welche diese beiden Größen nie überschreiten können. Da aber die Beständigkeit dieser drei Elemente es vorzüglich ist, von welcher die Erhaltung unsers Systems und die ungestörte Ordnung desselben für die Folgezeit abhängt, so dürfen wir daraus den Schluß ziehen, daß es bei der Entstehung dieses Systems in der Absicht der Natur lag, ihm diese Erhaltung zu sichern, und demselben das Siegel einer immerwährenden Dauer aufzudrücken. Diesen Zweck hat sie vorzüglich durch zwei, auf den ersten Blick nur geringfügig scheinende Mittel erreicht, indem sie nämlich für die großen Axen, oder was dasselbe ist, für die Umlaufszeiten dieser Planeten keine andere, als incommensurable Zahlen (§. 131) gewählt hat, wodurch sie die Unveränderlichkeit der großen Axe, dieses für die Stabilität des Ganzen wichtigsten Elementes (§. 132) sicherte, und indem sie die Bewegungen der Planeten so eingerichtet hat, daß sie sich alle nach derselben Seite um die Sonne bewegen.

§. 158. (Andere Gründe für die Stabilität des Sonnensystems.) Eine andere schon der geringsten Aufmerksamkeit auffallende Einrichtung des Planetensystems scheint denselben Zweck zu haben. Der Sonnenstaat ist, wie schon früher bemerkt wurde, nicht nur in seinem Ganzen, sondern selbst in den einzelnen Theilen desselben wesentlich monarchisch geordnet. Die Sonne, der Mittelpunkt der Bewegungen der Planeten, überwiegt alle diese Planeten zusammen genommen an Masse, d. h. an eigener intensiver Stärke mehr als siebenhundertmal, und eine ähnliche Präponderanz bemerken wir auch bei allen Hauptplaneten in Beziehung auf ihre Satelliten. Die Masse der Erde ist 70mal größer als die des Mondes, und die Masse Jupiters übertrifft die aller seiner vier Monde sogar gegen 6000mal. Die daraus folgenden mächtigen Anziehungen der Sonne auf die Planeten, und der Hauptplaneten auf ihre Satelliten lassen keine so beträchtliche Störungen in diesem Staate aufkommen, von denen man eine Zerrüttung oder auch nur eine größere Unordnung des Ganzen besorgen könnte. Wenn z. B. Jupiter plötzlich aus diesem Systeme ausgeschieden würde, so würden wir seine Monde, die wir jetzt in so schöner Ordnung um ihn gehen sehen, sich sofort in dem Raume zerstreuen, und den einen in Ellipsen um die Sonne gehen, den andern aber in hyperbolischen Bahnen sich von derselben entfernen sehen. Aber das Daseyn mächtiger, alle andern so weit überwiegender Kräfte ist ein wesentlicher Schutz für ein System, das in allen seinen Theilen beisammen bleiben, und in der Regelmäßigkeit seiner Bewegungen nicht wesentlich gestört werden soll.

Selbst auf unserer Erde bemerken wir ähnliche Spuren dieser Absicht der Natur, ihren Werken Bestand und Dauer zu geben. Dahin gehört vorzüglich die bereits oben (§. 123) betrachtete Stabilität der Pole auf der Oberfläche der Erde, und das durch die Beobachtungen so vieler Jahrtausende bestätigte Gleichgewicht der Meere, die einen so großen Theil dieser Erde bedecken. Diese beiden Erscheinungen, die zur Erhaltung

Digitized by Google

organischer Wesen unumgänglich nothwendig sind, können als ein einfaches Resultat der Rotation der Erde, verbunden mit der allgemeinen Schwere aller Körper betrachtet werden. Denn durch jene Rotation wurde die Erde an ihren Polen abgeplattet, und durch diese Abplattung ist die Rotationsaxe der Erde eine freie (§. 126) und invariable Axe derselben geworden. Durch die Wirkung der allgemeinen Schwere aber mußte die Erdmasse gegen ihren Mittelpunkt viel dichter werden, als in der Nähe ihrer Oberfläche, so daß jetzt die mittlere Dichte der ganzen Erde die des Meerwassers weit übertrifft, was allein schon hinreicht, diese Meere selbst in stetem Gleichgewichte zu erhalten und der Wuth ihrer Fluthen einen Zügel anzulegen.

Nach allen diesen Beobachtungen scheint es daher, daß der große Urheber der Natur es absichtlich so eingerichtet habe, daß die Dauer seines schönen und großen Werkes gesichert bleibe, und daß er in seiner Anlage zu dem Sonnensystem von denselben Ansichten ausgegangen ist, die er auf der Erde, zur Erhaltung ihrer selbst sowohl, als auch der auf ihr lebenden Geschöpfe beobachtet hat.

§. 159. (Bewegung der Himmelskörper im widerstehenden Mittel.) Schon die allgemeine Verbreitung des Lichts in dem Weltraume zeigt, daß dieser Raum nicht ganz leer seyn kann, sondern daß er mit einer, wenn gleich äußerst feinen Materie erfüllt seyn muß. Bei den äußerst compacten Körpern der Planeten ist uns der Widerstand, welchen ein solches Mittel der Bewegung dieser Körper entgegensetzt, noch nicht bemerklich geworden, aber bei dem Encke'schen Kometen hat man bereits (II. §. 175) eine ähnliche Wirkung bemerkt und den Beobachtungen zu Folge soll jede Revolution dieses Kometen um nahe einen Tag kleiner seyn, als die vorhergehende. Man kann übrigens durch eine strenge Rechnung zeigen, daß in Folge eines solchen widerstehenden Mittels die große Axe, also auch die Umlaufszeit des Kometen um die Sonne immer kleiner werden, und daß daher der Körper selbst endlich in die Sonne stürzen muß. Die Excentricität der Bahn aber und die Länge des Periheliums werden durch diesen Widerstand bestimmten Veränderungen ausgesetzt, die mit der Folge der Zeit oder mit der Annäherung der Kometen zur Sonne immer kleiner werden, deren Periode aber dieselbe mit der jedesmaligen Umlaufszeit des Kometen ist. Nach den Beobachtungen nimmt die Geschwindigkeit des erwähnten Kometen nahe um ihren tausendsten Theil während der Zeit von zehn Revolutionen zu. Wenn diese Zunahme gleichförmig bliebe, so würde diese Geschwindigkeit in 16000 Jahren das Doppelte von dem gegenwärtigen seyn. Wenn Jupiter während einem Zeitraume von einer Million Jahren den milliarten Theil seiner Geschwindigkeit gewinnen möchte, so würde er erst in 70 Millionen Jahren den tausendsten Theil gewonnen haben, und es würde eine noch 700 mal längere Zeit erfordert werden, die ursprüngliche Geschwindigkeit dieses Planeten auf das Doppelte derselben zu bringen. Aber, so groß auch diese Perioden erscheinen, die Folge davon würde doch eine immerwährende Annäherung und endlich ein Herabstürzen dieses Planeten in die Sonne seyn. Eben so wird also auch im Laufe der Zeiten, nach Millionen von Jahren, die Umlaufszeit der Erde nur mehr die Hälfte, oder noch ein kleinerer Theil der gegenwärtigen seyn, und endlich wird auch sie, so wie alle Planeten, wieder zu der Sonne zurückkehren, von der sie genommen worden ist. Die große Entfernung jener Epoche wird das endliche Eintreffen derselben und die Erfüllung unseres Schicksals nicht hindern. Sobald es ausgemacht ist, daß die himmlischen Körper sich in einem widerstehenden Mittel bewegen, so ist eine immerwährende Bewegung

Digitized by Google

derselben und eine ewige Dauer des ganzen Systems, so wie es jetzt besteht, unmöglich.

§. 160. (Nothwendige Beschränkung der durch die vorhergehenden Betrachtungen erhaltenen Resultate.) Wenn daher die oben erwähnten, bewunderungswürdigen Einrichtungen der Natur uns über die weitere Dauer ihres Werkes vollkommen beruhigen können, und wenn, wie wir gesehen haben, wenigstens das Innere dieses Systems keine Spur von einer künftigen Zerstörung an sich trägt, so ist doch eine auch noch so lange — noch immer keine ewige Dauer. Wir können uns nicht vermessen, die innere Einrichtung des Weltalls, und noch weniger die Absicht ihres erhabenen Gründers, auch nur mit einiger Vollständigkeit zu erforschen.

Aber wir sehen, daß allen Dingen dieser Erde nur eine, oft sehr kurze Periode ihres Daseyns angewiesen ist, nach welcher sie alle verschwinden, und, wenigstens in dieser Gestalt, nicht mehr wieder kommen. Jeder kommende Winter zerstört die schönen Gebilde unserer Fluren. Zahlreiche Familien und ganze Geschlechter von Thieren sind bis auf die letzten Reste derselben verschwunden, und selbst ganze Völkerschaften, weltbeherrschende Nationen ziehen vor uns vorüber, wie Bilder eines Schattenspieles an der Wand, und Alles, Alles, was uns hier unten umgibt, wird von dem Strome der Zeit fortgerissen, und eilt unaufhaltsam seinem Endzustande der Auflösung und Zerstörung entgegen. Die Erde, die wir betreten, ist mit den Ruinen und mit dem Staube von Pflanzen und Thieren der Vorwelt bedeckt, und es wird eine Zeit kommen, wo man über die Pyramiden, über die Hauptstädte Europa's wie jetzt über Babylon und Karthago hingehen wird, ohne eine Spur derselben zu erblicken.

Von diesem, wie es scheint, nicht minder allgemeinen Gesetze der Natur, deren zerstörende Wirkungen uns von allen Seiten in der Nähe umgeben — soll davon diese Erde selbst und der über sie ausgespannte Himmel eine Ausnahme machen? Welches Recht hätten sie zu solchen Ansprüchen? Oder welches Recht haben wir, selbst nur von gestern her, und morgen schon nicht mehr, die ewige Existenz dieses unseres Wohnortes zu fordern? Haben wir nicht Sterne am Himmel verschwinden, und ganze Sonnensysteme daselbst auflodern sehen? — Schreckliche Schauspiele fürwahr, gegen die unsere Wasserfluthen und Erdbeben und der Tod von Tausenden in einer Stunde ganz verschwinden. Aber, so groß uns auch eine Catastrophe dieser Art erscheinen mag — sie scheint uns nur so groß, weil wir selbst so klein sind. In jenen Höhen wird mit einem andern Maaß gemessen, und unser Planetensystem, ja unsere Milchstraße selbst — was ist sie anderes, als ein unmerklicher Punkt der ganzen, großen, endlosen Welt!

Wenn daher dieser, schon gegen das übrige Planetensystem gleichsam verschwindende Punkt, wenn diese unsere Erde, gleich den Früchten ihrer Fluren, auch allmählig ihrer Bestimmung entgegen reifen und altern, wenn sie vielleicht von denselben Kräften, die sie erzeugt und so lange erhalten haben, auch einmal wieder zerstört werden sollte — wollen wir uns auflehnen gegen das ewige Gesetz der Natur? Sind wir denn nicht uns selbst und alles das Unsrige, diese Erde selbst nicht ausgenommen, den Elementen schuldig? — Wenn diese nun wieder aufwachen und das ihrige zurückfordern; wenn Feuer und Wasser und Winde, die unsere Erde bewohnt und fruchtbar gemacht haben, in ihrem Laufe fortschreiten, und sie auch wieder zu zerstören beginnen; wenn diese Sonne, die uns so lange erleuchtet und erwärmt hat, die alles Lebende so viele Jahr-

Digitized by Google

tausende auferzog und an goldenen Seilen um ihr erfreuendes Antlitz lenkte, wenn sie die alternde Kraft der Erde, die sich nicht mehr zu erhalten vermag, nun endlich wieder herab zieht in ihren brennenden Schooß — ja wenn sie selbst, die Königin unserer Tage, wenn auch sie ihre Zeit gelebt und ihre Bestimmung erfüllt hat, wenn endlich sie selbst erlischt und verschwindet aus der Reihe der erschaffenen Wesen — so entsetzlich dieß auch uns scheinen mag — was geschähe dann anders, als was nach dem ewigen Gesetze der Natur geschehen muß?

Denn überall, wo wir in dem Weltraume Entstehen, Wachsthum und Zunahme bemerken, da muß auch Abnahme und Tod seyn, und wo immer im Wechsel der Dinge Fortgang ist, da ist auch Untergang: scheinbarer Untergang wenigstens, Abwechslung von Gestalten und Formen. Alles, was Körper, das heißt, was sterblich ist, eilt seiner Auflösung entgegen, und kann von keiner Kraft davon zurück gehalten werden. Und wie auf den Gipfeln unserer Berge, und in den Abgründen der Erde die Versteinerungen und Ueberreste der Pflanzen und Thiere einer längst verschwundenen Vorwelt zerstreut liegen, so werden auch vielleicht dereinst die morschen Trümmer des großen, himmlischen Baues über uns, in dem Welteuraume zerstreut werden. Diese Sonne, diese Sterne werden erlöschen, und von ihnen wird dort oben, wie von den Denkmälern der Vorzeit hier unten keine Spur mehr seyn. Auch diese Blumen des Himmels werden verblühen und abfallen, wie welke Blätter, mit denen die Winde spielen, und dieselbe Welle, die sie so lange getragen hat, wird sie dereinst auch herabziehen in die Tiefe des Weltmeers, in den Abgrund der ewigen Nacht. Nur Einer, den kein Name nennt, Einer nur wird bleiben, hoch über dem Ocean der Welten, der zu den Füßen seines Thrones rauscht, dessen Wogen immer wechselnd vor ihm auf und nieder ziehen, während Er allein unwandelbar und ewig ist.

Digitized by Google

Zweiter Abschnitt.

Beobachtende Astronomie

oder

Beschreibung und Gebrauch

der

astronomischen Instrumente.

Digitized by Google

Digitized by Google

§. 161. (Ueber die Genauigkeit der astronomischen Bestimmungen.) Wir haben bisher das Vorzüglichste von Demjenigen angezeigt, was uns die Astronomen von den Körpern des Himmels und von den Bewegungen derselben kennen gelehrt haben, und unsere Leser werden, wie wir glauben, oft genug Gelegenheit gehabt haben, sich über die Genauigkeit jener Angaben von Gegenständen zu verwundern, die so ungemein weit von uns entfernt sind, daß sie sich unseren Untersuchungen beinahe ganz zu entziehen scheinen. In der That kennen wir von den meisten Dingen, die uns in unserer nächsten Nähe umgeben, ihren gegenwärtigen Standpunkt und die Veränderungen, welche mit ihnen vorgegangen sind und in der Folge noch vorgehen werden, viel weniger, als uns die Orte der himmlischen Körper, und ihre Bewegungen in der Vor- und Folgezeit bekannt geworden sind. Die Astronomen pflegen die Orte der Gestirne am Himmel mit der Genauigkeit von einer Sekunde anzugeben. Allein ein gewöhnliches Menschenhaar bedeckt mit seiner Dicke, wenn es in der Entfernung von dem Auge gehalten wird, wo es am reinsten und dunkelsten erscheint, schon 15 bis 20 Sekunden am Himmel, so daß man also jene Orte der Gestirne an der Sphäre des Himmels mit einer Schärfe angeben kann, welche die Dicke eines solchen Haares weit übertrifft. Eben so haben wir gesehen, daß man die Entfernung des Mondes und mehrerer Planeten von der Erde, so schwierig dieselbe auch anfangs zu bestimmen schien, im Verhältnisse zu der Größe dieser Entfernungen, genauer angeben kann, als man dieß bei den meisten größeren Städten der Erde, selbst unseres Welttheiles, zu thun im Stande ist (I. §. 66). Die Finsternisse der Sonne und des Mondes, die man mit derselben Leichtigkeit und Sicherheit für das nächste Jahr, als für irgend ein anderes der nächst vorhergegangenen oder der nächstfolgenden Jahrhunderte berechnen kann, und die, wie jeder Kalender bezeugt, auf das genaueste zutreffen — sind nicht sie allein schon ein hinreichender Beweis von der in der That bewunderungswürdigen Schärfe, mit welcher die Astronomen die Bewegungen und alle die mannigfaltigen Veränderungen kennen müssen, welche mit diesen beiden Gestirnen in der Folge der Zeiten vorgehen? Haben wir nicht schon öfter gesehen, daß uns die ferne Wiederkunft von Kometen vorausgesagt wird, die nur wenige Wochen in unserer Nähe sichtbar waren, und die dann, in ihren weiten Bahnen jenseits unseres Planetensystems volle siebenzig und mehr Jahre unseren Blicken unsichtbar, die fernsten Räume des Himmels durchwandern, bis sie endlich wieder, nach ihren langen Reisen, zu uns hernieder steigen, um sich zum zweitenmale unseren erstaunten Augen zu zeigen? — Sie

Digitized by Google

sind, folgsam dem Rufe ihrer Berechner, an dem bestimmten Tage zu uns herab gekommen, und sie werden, so lange sie denselben Gesetzen gehorchen, auch in der Folge der Zeiten wieder kommen, und zwar auf derselben Straße wieder kommen, welche ihnen die Astronomen durch ihre Berechnungen vorzeichnen. — Und was soll man endlich von denjenigen nicht minder gewissen Vorherbestimmungen sagen, mit welchen uns die Gestalt und die gegenseitige Lage der Planetenbahnen, eine Folge ihrer Störungen unter einander, verkündet wird, Veränderungen, welche zu einer Zeit statt gehabt haben, die dem Anfange unserer Menschengeschichte weit vorhergeht, oder die, erst nach neuen Jahrtausenden, unsere späten Enkel sehen und durch eigene Anschauung bestätiget finden werden?

Aber wie ist man zu allen diesen Kenntnissen gekommen? Wie ist es dem menschlichen Geiste möglich geworden, sich bis zu dieser Höhe zu erheben, und in dieser Wissenschaft, der schwersten unter allen, eine Genauigkeit zu erreichen, die ihm in beinahe allen andern für immer versagt zu seyn scheint? Welches sind die Mittel, deren er sich bediente? Welches sind die Instrumente, und welcher Art ist ihr Gebrauch, um damit diesen Zweck, und diese in allen andern Wissenschaften unübertroffene Schärfe in ihren Beobachtungen zu erreichen? Denn auf Beobachtungen muß doch am Ende alles beruhen, und von ihnen muß alles ausgehen, was uns zur Kenntniß der Dinge außer uns, was uns zur Kenntniß der Natur führen soll.

Es wird nicht uninteressant, ja es wird nothwendig seyn, diese Instrumente und die Art ihres Gebrauches kennen zu lernen, weil es nur dadurch möglich wird, die Wahrheit der Theorien, welche auf den mit diesen Instrumenten gemachten Beobachtungen erbaut wurden, zu erkennen, und dadurch den Grad der Verläßlichkeit zu beurtheilen, der ihnen zukömmt. In der That ist wohl jede unserer Beobachtungen, welcher Art sie auch seyn mag, wie überhaupt jedes Menschenwerk, Fehlern unterworfen; diese Fehler mögen ihre Quelle in der Beschränktheit unseres Geistes oder unserer Aufmerksamkeit, in der Unvollkommenheit unserer Sinne oder auch derjenigen Werkzeuge haben, deren wir uns bei diesen Beobachtungen bedienen. Was uns, bei dieser Lage der Dinge, übrig bleibt, ist nur, zuzusehen, daß diese an sich unvermeidlichen Fehler so klein werden, als es unter diesen Umständen eben seyn kann, und daß wir uns von dem größtmöglichen Fehler, den wir bei jeder bestimmten Beobachtung und unter jeden gegebenen Verhältnissen noch begehen können, eine deutliche Rechenschaft zu geben wissen. Denn nur dann sind wir mit Bestimmtheit anzugeben im Stande, ob eine aus unseren Beobachtungen abgeleitete Hypothese oder eine darauf erbaute Theorie mit den Erscheinungen der Natur, welche wir dadurch darstellen oder erklären wollen, so weit übereinstimmt, daß wir sie als ein wahres Gesetz der Natur betrachten dürfen.

Wir werden uns daher in dem Folgenden mit der Beschreibung der vorzüglichsten astronomischen Instrumente, und mit der Art, sie zu gebrauchen, beschäftigen, um dadurch die Leser in den Stand zu setzen, die Mittel, welche man bei jenen Beobachtungen anwendet, näher kennen zu lernen, und sich von der hohen Genauigkeit, welche man dabei erreichen kann, gleichsam durch eigene Ansicht zu überzeugen.

§. 162. (Schwierigkeit der Verfertigung genauer Instrumente.) Unter allen unsern mechanischen Künstlern haben es die Verfertiger der astronomischen Instrumente wohl am weitesten gebracht, und die Genauigkeit, mit welcher in unseren Tagen diese Werkzeuge gearbeitet werden, kommt der zum Sprüchworte gewordenen geometrischen Schärfe am nächsten.

Digitized by Google

Wer mit dem Zwecke, um den es sich hier handelt, nicht näher bekannt ist, mag es wohl für etwas sehr Leichtes halten, auf der Drehbank ein Stück Metall kreisförmig abzudrehen, und die Peripherie desselben in 360 gleiche und jedes dieser Intervalle wieder in eine Anzahl kleinerer, unter sich ebenfalls gleicher Intervalle einzutheilen, dann das Ganze in seinem Mittelpunkte aufzustellen und in irgend einer geforderten Lage zu befestigen. Allein die praktische Ausführung dieser Aufgaben gehört zu den schwierigsten der gesammten Mechanik, wie sich schon daraus schließen läßt, daß man, aller Bemühungen und aller darauf verwendeten Kosten ungeachtet, doch erst in der zweiten Hälfte des vergangenen achtzehnten Jahrhunderts dahin gekommen ist, sich dieser Auflösung so weit zu nähern, als es das Bedürfniß der Wissenschaft in dieser Zeit erforderte. Die Alten, sowohl die Griechen in der alexandrinischen Schule, als auch die Araber, so viel Fleiß und Mühe sie auch auf ihre oft sehr großen und kostbaren Instrumente verwendet hatten, konnten doch Fehler von fünf und oft selbst von zehn Minuten in ihren Beobachtungen nicht vermeiden, und sie mußten mit diesen Fehlern zufrieden seyn, da sie, mit unbewaffneten Augen, am Himmel eben nicht mehr oder nicht genauer sehen konnten, als an ihren Instrumenten. Was würde es ihnen auch genützt haben, an den letzten selbst die einzelnen Sekunden noch mit Genauigkeit zu lesen, während sie am Himmel Winkel von mehreren Minuten nicht mehr unterscheiden konnten.

Allein alles dieß änderte sich, sobald das Fernrohr und das mit ihm so nahe verwandte Mikroscop erfunden war, und sobald man auf die glückliche Idee gerieth, diese beiden wunderbaren optischen Werkzeuge mit den astronomischen Instrumenten in eine unmittelbare Verbindung zu bringen. Diese Erfindung, vielleicht die schönste und nützlichste, deren der menschliche Geist sich rühmen kann, erweiterte unsere Kenntniß der sichtbaren Welt, zu beiden Gränzen derselben, beinahe in's Unendliche, und brachte Gegenstände, die uns zuvor durch ihre zu große Entfernung, oder auch durch ihre Kleinheit für immer unsichtbar geblieben wären, in den Bereich unserer Sinne, und dadurch in den Kreis unserer Beobachtungen. Besonders aber war es in der Astronomie, daß diese Erfindung eine für alle Zeiten merkwürdige Epoche constituirte. Fortan konnte man an dem gestirnten Himmel, die den Alten ganz unmerkbaren Winkel von einer, oder doch von einigen wenigen Sekunden deutlich unterscheiden, während man zugleich, durch das Mikroscop, auf der Oberfläche der astronomischen Instrumente dieselben kleinen Winkel klar zu erkennen vermochte. Jetzt erst drängte sich daher auch das Bedürfniß auf, diese Instrumente so einzurichten, und sie so genau einzutheilen, daß man auf ihnen diese kleinen, früher ganz unkennbaren Winkel auch mit Sicherheit zu messen im Stande seyn könnte. Jeder Fehler in dieser Eintheilung, jede Unvollkommenheit in der Ausarbeitung dieser Instrumente, auch jene kleinen, welche unsere Vorgänger mit Recht übergehen mochten, und sogar, da sie dieselben nicht weiter bemerken konnten, übergehen mußten, wurden jetzt fühlbar und wirkten störend auf die Beobachtungen ein. Die geringste Unsicherheit der Hand des Künstlers, der diese Instrumente verfertigen sollte, jede noch so kleine Unvollkommenheit seiner Werkzeuge, deren er sich zur Verfertigung jener Instrumente bediente, konnte die letzten schon unbrauchbar machen, da sie mit jener Genauigkeit, welche uns, bei dem vorgerückten Zustande der Wissenschaft, das Fernrohr an dem gestirnten Himmel gewährte, nicht mehr gleichen Schritt halten konnte. Dazu kam noch die ungleiche Ausdehnung jener metallischen Massen durch Veränderungen der Temperatur, die unvermeidliche Biegung

Digitized by Google

der einzelnen Theile dieser Instrumente durch ihr eigenes Gewicht und mehre andere Rücksichten und Fehlerquellen, die jetzt den praktischen Astronomen plagen, und von denen unsere Vorgänger nicht einmal eine Ahnung hatten.

Es wird der Mühe werth seyn, die erste dieser Fehlenquellen, die Eintheilung der astronomischen Kreise etwas näher zu betrachten. Wenn die Peripherie eines Kreises in einzelne Sekunden getheilt werden sollte, so müßte sie 1296000 feine Striche oder Punkte erhalten, deren Abstände unter einander alle gleich groß sind. In jedem Kreise beträgt aber eine Sekunde der Peripherie desselben nur 0.000004848 seines Halbmessers, oder jeder Abstand zwischen zwei nächsten jener Punkte ist nur der 206200ste Theil seines Halbmessers. Bei einem Kreise von drei Fuß (432 Linien) im Durchmesser, — und größere hat Reichenbach, der erste deutsche Mechaniker, aus guten Gründen nie verfertiget, nimmt eine Minute der Peripherie nur mehr in ihrer Länge 0,063 oder nahe $^1/_{16}$ einer Linie ein, also eine Größe, die man mit freien Augen nicht mehr gut unterscheiden, und die man ohne Mikroscop nicht mehr mit Sicherheit auftragen kann. Aber ein Fehler von einer ganzen Minute ist schon so groß, daß er, bei dem gegenwärtigen Zustande der praktischen Astronomie, durchaus nicht mehr zugelassen werden darf. Mit den besseren, jetzt gebräuchlichen Instrumenten pflegt man die einzelne Sekunde noch anzugeben. Bei einem Kreise von drei Fuß im Durchmesser beträgt aber eine Sekunde nur 0.00105 Linie, also nahe nur den tausendsten Theil einer Linie. Eine so geringe Größe kann man aber nur mit sehr starken Mikroscopen unsern Augen sichtbar machen. Welche Aufgabe ist es daher, auf der Peripherie eines solchen Kreises auch nur dreihundert und sechszig feine Striche oder Punkte so anzubringen, daß keiner von ihnen um den tausendsten Theil einer Linie versetzt, oder außer dem genau für ihn bestimmten Orte steht, nichts zu sagen von den 3600 anderen Strichen, die zwischen je zweien der ersten in den Distanzen von dem tausendsten Theile einer Linie eingeschaltet werden sollen, um dadurch die einzelnen Sekunden des Kreises anzuzeigen. Ein solches Kunstwerk, das den hier aufgestellten Forderungen genau entspricht, ist wohl noch nie aus der Hand eines Menschen hervorgegangen, und wird auch in aller Folgezeit für so gut, als ganz unmöglich gehalten werden können. Auch würde ein solches Instrument, wenn es durch irgend einen glücklichen Zufall einmal entstünde, seiner Natur nach auf keine Dauer Anspruch machen, und schon in den nächsten Augenblicken nicht mehr seyn, was es, im Zustande seiner größten Vollkommenheit, gewesen ist. Die immer wechselnden Aenderungen der Temperatur der Luft, welche diese Instrumente umgeben, werden in der Lage und Gestalt seiner Theile nicht bloß vorübergehende und sich wieder herstellende, sondern selbst constante und bleibende Verziehungen derjenigen Metalle hervorbringen, aus welchen allein diese Instrumente verfertiget werden können. Auch wird, wie bereits erwähnt, das eigene Gewicht dieser Theile Biegungen und Krümmungen erzeugen, die weder durch den symmetrischen Bau des Instruments, noch durch Gegengewichte vermieden werden können, so sorgfältig auch jener ausgeführt, so sinnreich auch diese angebracht seyn mögen. Ja selbst wenn es möglich wäre, auch diese Uebel zu vermeiden oder durch Vorsicht zu umgehen und unschädlich zu machen, welche Mittel haben wir, diese Kreise an ihrer Säule zu befestigen, oder um ihre Axe zu bewegen, ohne Anwendung einer äußeren Kraft, d. h. ohne die einzelnen Theile des Instrumentes, wenn auch noch so vorsichtig, doch immer mit einer gewissen Kraft zu pressen und zu ziehen, wodurch die Gestalt und Lage derselben nicht

Digitized by Google

anders, als verändert werden kann? *) Demungeachtet haben unsere Künstler, in Verbindung mit den Astronomen, für welche sie arbeiten,

*) Die nähere Bekanntschaft mit den neueren astronomischen Instrumenten hat uns gelehrt, daß man die Ideen, die man von der Festigkeit und Stabilität der uns umgebenden Körper aus dem gemeinen Leben mitgebracht hat, als ungegründete und falsche Ansichten, als wahre Vorurtheile ganz aufgeben muß. Die massive metallene Säule FB, Fig. 107, des Multiplicationskreises z. B., die in ihrer Größe und Masse einer kleinen Kanone zu vergleichen ist, soll, zum gehörigen Gebrauche des Instruments, vollkommen senkrecht auf dem Horizonte stehen. Die Wasserwage gibt uns, wie wir später sehen werden, die Mittel, diese Verticalität zu untersuchen, und die Fußschrauben K, K', K'' des Instruments geben die Mittel, die Fehler dieser Verticalität wegzubringen. Wenn nun, durch wiederholte Versuche, diese Fehler schon sehr klein gemacht sind, und man bloß den letzten Rest derselben wegzuschaffen sucht, so kann man dieß, nach Reichenbach's Rathe, nicht mehr mit jenen Fußschrauben, deren Windungen zu diesem Zwecke nicht mehr fein genug sind, sondern man wird diese Absicht viel besser dadurch erreichen, daß man die Säule an ihrem obern Ende bei B mit der Spitze des Fingers sanft von der Stelle weg drückt, wohin sie noch eine kleine Neigung gegen den Horizont hat, wo sie dann in der neuen, durch den Druck der Hand erzeugten, verticalen Lage verbleibt, so daß also diese solide Metallsäule von mehreren Zollen im Durchmesser nicht mehr als ein rigider, unbiegsamer Körper, sondern nur als eine feine Stange von weichem, biegsamem Wachse anzusehen ist, der man, durch einen sanften Druck der Fingerspitze, jede beliebige Lage geben kann. — Mit Hülfe des bekannten Fühlhebels kann man die Biegungen, welche durch äußere Kräfte hervorgebracht werden, an denjenigen Körpern noch deutlich lesen, die man sonst für ganz unbiegsam gehalten hat. Wenn man zum Beispiel eine Kanone an ihren beiden Enden auf Stützen legt, so krümmt sich, wie der Fühlhebel zeigt, der nicht unterstützte, mittlere Theil der Kanone durch die Wirkung der Schwere, gleich einem dünnen, biegsamen Stabe zur Erde. Wird die Kanone bloß in ihrer Mitte auf eine einzige Stütze gelegt, so sieht man dafür die beiden Enden derselben, gleich einem in der Mitte gehaltenen Fischbeine, sich abwärts biegen. Man könnte dieß der größern Masse oder dem bedeutenden Gewichte der Kanone zuschreiben. Aber diese Erscheinung wiederholt sich auch bei den leichtesten Körpern, mit welchen wir noch Versuche dieser Art anstellen können. Die horizontalen Fäden, welche man in dem Brennpunkte der astronomischen Fernröhre ausgespannt findet, gehören zu den feinsten, welche die Natur oder auch die Kunst hervorbringen kann. Man pflegt sie häufig von dem feinen Gespinnste zu nehmen, welches im Herbste unsere Gärten und Wiesen überzieht, und das unter der Benennung des fliegenden Sommers bekannt ist. Diese Fäden, welche von einer eigenen Gattung sehr kleiner Spinnen gesponnen werden, sind so fein, daß man sie mit freien Augen nur mehr an ihrer Spiegelung erkennt, wenn sie gegen die Sonne gehalten werden. Obschon daher ihr Gewicht ohne Zweifel ganz ungemein klein ist, so sieht man doch durch die starke Vergrößerung des Fernrohrs, daß sie, wenn sie an ihren beiden Enden in dem Fernrohre befestigt, und auf das beste horizontal gespannt werden, in ihrer Mitte sich krümmen, und daher keine gerade, sondern eine krumme, gegen den Horizont convere Linie bilden, nicht anders, als ein dickes Seil oder eine schwere Kette von beträchtlicher Länge, die auch bekanntlich keine

Digitized by Google

Mittel gefunden, die einzelnen Sekunden auf ihren Instrumenten mit Sicherheit anzugeben, und erst seit einigen Decennien hat unsere Instrumental-Astronomie, vorzüglich durch englische und deutsche Künstler, Fortschritte gemacht, an deren Möglichkeit man vor Kurzem noch verzweifeln mußte. Nicht bloß die großen Instrumente dieser Art, die sogenannten Meisterstücke, sondern auch die kleineren, die sich jeder mit geringen Kosten anschaffen kann, sind mit einer Präcision, mit einer Vollendung gearbeitet, die wohl nur wenig mehr zu wünschen übrig lassen kann. Nur wenig — aber nicht nichts! Denn am Ende ist doch alles, was Menschenhände machen können, nur Menschenwerk, und so vortrefflich es uns auch erscheinen mag, noch immer unvollkommen. Auch werden wohl die Forderungen des Astronomen an den Künstler, die Leistungen des letzteren immer hinter sich zurücklassen, und es wird daher auch immer der wahre Beobachter bemüht seyn müssen, durch Geschicklichkeit in der Anwendung dieser Instrumente, durch Umsicht und Scharfsinn in dem Gebrauche derselben, sich von den noch übrig bleibenden Unvollkommenheiten der Werkzeuge, die ihm der Künstler in die Hände liefert, so viel als möglich unabhängig zu machen. Der Astronom wird daher darauf bedacht seyn müssen, die Umstände und Verhältnisse seiner Beobachtungen zweckmäßig auszuwählen, die Fehler seines Instruments kennen zu lernen, um sie entweder zu umgehen oder durch Nachhülfe der Rechnung unschädlich zu machen, ferner seine Operationen mit diesen Instrumenten so zu combiniren, und die damit erhaltenen Resultate so zu behandeln, daß er daraus, so sehr es nur von ihm selbst abhängen kann, alles Unvollkommene entfernt und sich dadurch der gesuchten Wahrheit so weit nähert, als es überhaupt dem Menschen erlaubt ist, dieses nur für höhere Wesen, wie es scheint, bestimmte Gut zu erreichen.

In diesen wenigen Zügen ist das eigentliche Geschäft des praktischen Astronomen gezeichnet, ein schwieriges, mühevolles, aber auch durch den erhabenen Gegenstand, auf den es gerichtet ist, und durch die Genüsse, die ein glücklicher Erfolg desselben gewährt, ein edles und in hohem Grade beglückendes Geschäft, um welches ihn der größte Theil der übrigen Menschen beneiden würde, wenn sie die Annehmlichkeiten desselben näher kennen möchten.

Wir wollen nun diese Instrumente und die Art, sie anzuwenden, so weit dieses mit dem Zwecke der gegenwärtigen Schrift vereinbar ist, näher betrachten.

§. 163. (Instrumente der Alten: Gnomon.) Das älteste und zugleich einfachste Instrument, welches wir kennen, ist der Gnomon, von dem

---

Kraft an ihren Enden so stark spannen kann, daß sie eine vollkommen gerade Linie bildet. — Ein anderes Mittel, die Veränderlichkeit der Körper, die man gewöhnlich für unveränderlich hält, zu untersuchen, geben unsere äußerst empfindlichen Wasserwagen. Legt man eine solche Wage auf die Fensterbrüstung eines Hauses, selbst im ersten Stockwerk, selbst von dem solidesten Mauerwerke, und drückt man dann mit der Hand stark gegen die Wand des Fensters, so sieht man augenblicklich die Lage der Blase sich verändern, und wenn der Druck nachläßt, sich wieder herstellen, zum Zeichen, daß auch unsere stärkste Mauer, wie jene Säule an dem Multiplicationskreise, gleich einer weichen Wachstafel, jedem Drucke nachgibt, wie denn überhaupt jede auf einen Körper ausgeübte Kraft auch eine Wirkung auf denselben hervorbringen muß, obschon diese Wirkung in vielen Fällen so klein seyn wird, daß wir sie, mit unseren Sinnen, nicht mehr bemerken können.

Digitized by Google

wir bereits früher (I. §. 49) gesprochen haben. Er besteht in einer auf den Horizont vertikal stehenden Säule und ist vorzüglich zu Sonnenbeobachtungen bestimmt. Indem man nämlich die Länge des Schattens mißt, welche diese von der Sonne beschienene Säule auf den horizontalen Boden wirft, auf welchem sie steht, kann man daraus und aus der bekannten Länge der Säule selbst die Höhe der Sonne finden, wie an dem erwähnten Orte gezeigt worden ist.

Die Alten beobachteten die Sonne am Gnomon vorzüglich zur Zeit der beiden Solstitien (I. §. 42) oder im Anfange des Sommers und des Winters, wo die Sonne im Mittage am höchsten oder am tiefsten steht, um daraus die wahre Größe der Schiefe der Ekliptik (I. §. 48) abzuleiten. Wir haben bereits an dem angeführten Orte die älteste Beobachtung an dem Gnomon, und überhaupt die älteste aller astronomischen Beobachtungen, die auf uns gekommen ist, angeführt, die in dem Jahre 1100 vor Chr. Geb. in China gemacht und uns von dem Jesuiten Gaubil mitgetheilt worden ist. Verbinden wir damit noch eine andere, die ebenfalls durch ihr hohes Alterthum ausgezeichnet ist. Der Grieche Pytheas, der durch seine astronomischen Kenntnisse und durch seine zur Verbesserung der Geographie unternommenen großen Reisen bei den Alten in hohem Ansehen stand, beobachtete in Marseille im Jahre 320 vor Chr. G. (drei Jahre vor dem Tode Alexanders des Großen) zur Zeit des Sommersolstitiums die Sonne an einem Gnomon, dessen Höhe 120 und dessen mittägige Schattenlänge 41⁴/₅ Fuß betrug. Daraus folgt die Höhe der Sonne gleich 70° 48′ oder genauer 70° 32′, da man den Schatten des Gnomons, wegen dem Halbmesser der Sonne, der 26′ beträgt, zu kurz beobachtet hat. Nimmt man davon die schon aus anderen Beobachtungen bekannte Aequatorhöhe von Marseille, die gleich 46° 42′ ist, weg, so erhält man für die gesuchte Schiefe der Ekliptik zur Zeit des Pytheas 23° 50′, während sie in unsern Tagen 23° 28′ beträgt, so daß sie also seit 2150 Jahren um 22 Minuten abgenommen hat, übereinstimmend mit dem, was früher (I. §. 50) von dieser Abnahme gesagt worden ist.

Statt bloß das Ende des Schattens zu beobachten, der wegen der ihn umgebenden Halbschatten immer schlecht begränzt ist, wird man besser an der höchsten Spitze des Gnomons eine Metallplatte mit einer kleinen runden Oeffnung anbringen, und dann, statt jenen Schatten, die Entfernung des Fußpunktes des Gnomons von dem durch diese Oeffnung auf dem Boden projicirten Bilde der Sonne messen. Die alexandrinischen Griechen, unter ihnen besonders Eratosthenes, so wie auch früher schon die Aegyptier und Chineser, bedienten sich häufig dieses einfachen Instruments, zu welchem sie gleichsam schon von der Natur selbst angewiesen wurden, wenn sie die abwechselnde Schattenlänge der Berge, Bäume oder Thürme bemerkten.

Unter der Regierung des Kaiser Augustus wurde der große Obelisk, von 117 röm. Fuß Länge, den Sesostris im Jahr 967 vor Chr. G. in Aegypten errichten ließ, nach Rom gebracht, und daselbst, unter der Anleitung des Manlius, auf dem Marsfelde aufgestellt, um daran, wie Plinius H. N. Lib. 36. sagt, die Bewegungen der Sonne zu beobachten; er wurde also mehr als eine Art von Sonnenuhr gebraucht, um daran wenigstens den Augenblick des wahren Mittags zu erkennen. Coschuking errichtete i. J. 1278 einen Gnomon von 40 Fuß in Peking und Ulug Beigh i. J. 1430 einen andern in Samarkand von 165 Fuß.

In den letzten Jahrhunderten unserer Zeitrechnung haben sich beson-

Digitized by Google

ders die Italiener bemüht, Gnomone von bedeutender Größe zu errichten. Sie bedienten sich dazu ihrer hohen Kirchen, deren Wände sie an ihren höchsten Theilen durchbohrten, wo sie dann, durch diese Oeffnung, das Bild der Sonne auf den gegenüberliegenden Fußboden der Kirche fallen ließen. Einen solchen Gnomon errichtete Paul Toscanelli im Jahre 1467 in der berühmten Kuppel der Kathedrale zu Florenz. Die erwähnte Oeffnung war in der Höhe von 277 Fuß über dem Fußboden der Kirche angebracht. Dieß ist der größte aller bisher bekannten Gnomone. Einen anderen von 51 Fuß errichtete Gassendi i. J. 1636 in der Kirche des Oratoriums zu Marseille; Ignatio Danti einen andern von 67 Fuß in der Kirche des h. Petronius zu Bologna, der später von Cassini wiederhergestellt wurde; Bianchini erbaute in der Karthäuserkirche zu Rom (den ehemaligen Bädern des Diocletians) zwei sehr schöne Gnomone von 62 und 75 Fuß; Sully und le Monnier errichteten einen Gnomon von 80 Fuß in der Kirche des h. Sulpitius zu Paris, an welchem der letzte viele Jahre durch, die Solstitialhöhe der Sonne beobachtete und auf einer gegenüberstehenden Marmorplatte eingrub. Einer der Letzten endlich wurde von den Astronomen Cesaris und Reggio in der Kathedrale zu Mailand i. J. 1786 errichtet. Auf den ältern Sternwarten findet man sie noch oft genug, aber in den neueren Zeiten hat man sie größtentheils verlassen und mit Recht, da sie lange nicht die Genauigkeit gewähren, welche man mit unsern andern Instrumenten erreichen kann. Die Ursache davon liegt größtentheils in der Unsicherheit der Messung der wahren Schattenlänge und in der Veränderlichkeit der Lage hoher Gebäude. Wir haben schon, in der vorhergehenden Note, Gelegenheit gehabt, von der Leichtigkeit zu sprechen, mit welcher auch die stärksten Mauern jedem Drucke nachgeben. Aber die Wirkung der Sonne, wenn sie diese Mauern bescheint, und die Folgen des Frostes und des Wiederaufthauens dieser Mauern sowohl, als auch des Bodens, auf dem sie stehen, ist noch viel bedeutender. Schon Bouguer hat darüber eigene Beobachtungen angestellt. Er hatte in der durchbrochenen Wand des Doms der Invaliden zu Paris ein Fernrohr eingemauert, um demselben zu besonderen Untersuchungen eine, wie er glaubte, fixe und unveränderliche Stellung zu geben. Allein er bemerkte bald, daß die Lage dieses Fernrohrs sich änderte, wenn das Gebäude von der einen oder der andern Seite von der Sonne beschienen war. Durch eingemauerte Libellen, die nie von dem Sonnenlicht unmittelbar getroffen werden konnten, beobachteten die Mailänder Astronomen an dem sehr soliden Gebäude ihrer Sternwarte regelmäßige, tägliche Schwankungen, die sich nach dem Stande der Sonne gegen das Gebäude richteten. Die Sternwarte Piazzi's in Palermo, ein Thurm eines ehemaligen arabischen Emirs, ist äußerst solid, und die Dicke der Wände derselben beträgt gegen sechs Fuß. Auf dieser Sternwarte beobachtete Piazzi durch mehrere Jahre den Polarstern, in der Hoffnung, in der Bewegung desselben eine jährliche Parallaxe (I. §. 68) dieses Sterns zu entdecken. Er fand auch in der That solche Veränderungen der Lage derselben, die mit den Jahreszeiten periodisch wiederkehrten, und sich mit einer parallactischen Bewegung des Sterns nahe genug in Uebereinstimmung bringen ließen. Allein da alle andern Beobachter nichts Aehnliches an dem Polarstern finden konnten, so konnte man nicht umhin, an der Richtigkeit der Voraussetzung Piazzi's zu zweifeln, bis endlich er selbst auf die Erklärung verfiel, daß nicht der Stern, sondern seine Sternwarte, ihrer Solidität ungeachtet, solchen periodischen, von der Jahreszeit abhängigen Schwankungen unterworfen sey, eine Idee, die sich bald darauf vollkommen bestätiget fand, und die wahrscheinlich auch andere Astronomen,

Digitized by Google

die höhere gebaute Sternwarten bewohnen, für richtig erkennen würden, wenn sie darauf mehr aufmerksam wären.

§. 164. (Instrumente der Alten: Triquetrum, Astrolabium, Armillen.) Die Griechen der alexandrinischen Schule bedienten sich zum Höhenmessen der Gestirne eines Instrumentes, das aus drei Linialen zusammen gesetzt war, und das sie deßhalb Triquetrum nannten. Es ist in Fig. 93 so abgebildet, wie es Ptolemäus in seinem Almagest (Lib. V. 12) beschreibt. Es besteht aus einer verticalen Säule AB, an welcher sich zwei Regeln BC und AC in Gewinden auf und ab bewegen. Die Regel BC trägt zwei auf sie senkrecht gestellte Absehen m und n, deren jede mit einer kleinen Oeffnung versehen ist. Man erhebt die Regel BC so lange, bis das Auge hinter m das Gestirn durch die beiden Oeffnungen der Absehen erblickt, in welcher Lage der BC dann die dritte Regel AC so auf BC gelegt wird, daß die Distanzen BA und BC einander gleich sind. Zu diesem Zwecke theilte man die Linie BA sowohl, als auch die ihr gleiche BC in 60 gleiche Theile und trug dann dieselben Theile, nur in einer größeren Anzahl, auf die dritte Regel von A nach D auf. Diesem gemäß erhielt man in jeder Beobachtung, durch die erwähnte Stellung der drei Regeln, ein gleichschenkliges Dreieck ABC, in welcher die beiden gleichen Seiten BA, BC die Halbmesser eines Kreises, dessen Mittelpunkt B, und in welchem die dritte Seite AC die Sehne des ihr gegenüberstehenden Winkels ABC vorstellte. Die Größe dieser Sehne erhielt man für jede Stellung der Regeln durch eine einfache Zählung der auf der Regel AD aufgetragenen Theile von A bis C, und aus dieser Sehne AC fand man den ihr entsprechenden Winkel ABC durch eine zu diesem Zwecke eigens berechnete Tafel, welche in einem Kreis des Halbmessers 60 für jeden Winkel die zu ihm gehörende Sehne gab. Ganz eben so, wie man jetzt aus unsern Sinustafeln für jeden Winkel den ihm entsprechenden Sinus findet, wie denn auch in der That der Sinus eines Winkels nichts anders als die Sehne eines doppelt so großen Winkels ist. Der hier gefundene Winkel ABC ist aber, wie man leicht sieht, nichts anderes, als eben die gesuchte Zenithdistanz der Sonne. Hat man z. B. in irgend einer Beobachtung die Länge der Sehne AC gleich 40 solcher Theile gefunden, von denen jeder der beiden Halbmesser 60 hatte, so war die Zenithdistanz ABC der Sonne gleich 38° 56′ 33″ und daher ihre Höhe gleich 51° 3′ 27″.

Zur Versicherung der Verticalität der Säule AB diente ein sogenanntes Loth pq oder ein an einem Faden in p aufgehängtes Gewicht, der von selbst eine verticale Lage annahm, und mit dem daher die Säule AB parallel gestellt werden mußte.

Man sieht, daß ein Instrument dieser Art, selbst wenn es mit aller Sorgfalt der neueren Mechanik construirt würde, keine große Genauigkeit in den Beobachtungen gewähren könnte. Auch bedienten sich desselben die den Griechen folgenden Araber nur im Anfange ihrer astronomischen Arbeiten, und ersetzten es bald durch den bereits oben (I. §. 43) erwähnten Quadranten, dessen Einrichtung aus der dort gegebenen Beschreibung hinlänglich klar seyn wird, so daß wir ihn hier um so mehr übergehen können, da er nun auch schon außer Gebrauch ist, etwa den sogenannten Mauerquadranten ausgenommen, von welchem wir später sprechen werden. Wir bemerken hier nur noch, daß der größte Quadrant, dessen man sich je zu den astronomischen Beobachtungen bediente, der des Ulug Beigh gewesen ist. Dieser berühmte Astronom war gegen das Jahr 1430 Beherrscher der Länder an dem Flusse Oxus (des heutigen Amu in der großen Bucharei und in Khowaresm). Er soll in seiner Hauptstadt Sa-

Digitized by Google

markand einen Quadranten von einer solchen Größe errichtet haben, daß der Halbmesser desselben, nach der Erzählung der türkischen Geschichtschreiber, der Höhe des Gipfels der Kuppel der Sophienkirche in Konstantinopel gleich, d. h. daß er 180 römische Fuß groß gewesen ist. Allein es ist wahrscheinlich, daß diese Erzählung auf einem Mißverständnisse beruht, und daß dieses Instrument kein Quadrant, sondern nur ein Gnomon gewesen ist.

Das Astrolabium oder der astronomische Ring besteht in einem in einzelne Grade eingetheilten Ring ABCD (Fig. 94), um dessen Mittelpunkt E sich eine Alhidade (Linial) SS' bewegt, das mit zwei darauf senkrecht stehenden durchlöcherten Absehen m und n versehen ist. Bei der Beobachtung wird es an dem kleinen Ringe A aufgehängt, wo dann der Durchmesser BD horizontal stehen soll. Wird in dieser Lage des Instruments die Alhidade SS' so gestellt, daß das Auge bei S' durch die beiden Oeffnungen der Absehen das Gestirn, z. B. die Sonne, erblickt, so gibt der Winkel S'ED der Alhidade mit dem Halbmesser BD oder auch der jenem gleiche Winkel SEB die gesuchte Höhe der Sonne an. Man sieht, wie vielen Unvollkommenheiten ein Instrument dieser Art unterworfen ist, auch wurde es nicht lange gebraucht, und bloß in der Marine, wo man gewöhnlich mit einer geringern Genauigkeit zufrieden ist, erhielt sich dasselbe bis in das vorige Jahrhundert. Jetzt ist es, auch unter den Schiffern, durch den viel genaueren Sextanten schon längst verdrängt. Uebrigens bezeichnet man in unseren Tagen mit dem Namen Astrolab einen auf einem Fußgestelle horizontal liegenden Kreis mit einer Alhidade, deren Absehen höher sind, als die in Fig. 94 erwähnten, um durch die Oeffnungen derselben die Spitzen hoher terrestrischer Objekte und selbst der Gestirne zu sehen. Wir werden weiter unten ein diesem ähnliches, aber viel vollkommener gebautes Instrument unter dem Artikel „Theodolit" kennen lernen.

Armillarsphären oder Armillen nannte man verschiedene Verbindungen von Kreisen, durch welche man den Aequator, die Ecliptik und die darauf senkrechten Kreise darstellte. In Fig. 95 ist ein solches Instrument abgebildet, dessen sich schon Hipparch und Ptolemäus bedient, und an welchem noch Tycho Brahe den größten Theil seiner Planeten-Beobachtungen machte. Der äußere Kreis HZR stellt den Meridian vor, und bei den Beobachtungen wurde dieser Kreis auch in der That in der Ebene des Meridians aufgestellt, so daß von den Punkten H und R des Horizonts der erste nach Süd und der zweite genau nach Nord, und daß die Endpunkte PP' nach dem Nord- und Südpole gerichtet waren. Der Faden ZZ', mit seinem Gewichte bei Z' zeigte das Zenith an. Der Mittelpunkt jener Axe PP' war mit einem kleinen Cylinder m versehen, und durch ihn ging, senkrecht auf die Axe, die Ebene des Rings AB, die daher den Aequator vorstellte. Dieser Ring war an dem äußern Ringe HZR fest, und mit Absehen a und b versehen. Senkrecht auf die Ebene dieses Ringes AB war ein anderer, um die Axe PP' beweglicher, und ebenfalls mit Absehen versehener Ring CD angebracht, der daher den Declinations- oder Stundenkreis vorstellte. Das ganze Instrument stand auf einem festen Fußgestelle bei Z'.

Wenn man mit diesem Instrumente eine Beobachtung machen wollte, so wurde zuerst der äußere Ring HZR in den Meridian und mittels des Lothes der Punkt Z in das Zenith, also auch P in den Nordpol des Aequators gebracht, und dann der bewegliche Declinationskreis CD so weit verschoben, bis man durch die Absehen desselben das zu beobachtende Gestirn bemerkte, wo dann der Kreis CD auf dem Aequator AB den

Digitized by Google

Stundenwinkel, und wo die Absehen des Kreises CD auf ihm selbst die Declination des Gestirns anzeigten. Hatte man zuvor die Absehen a und b des Aequators, mittels eines schon bekannten Gestirns, so gestellt, daß sie den Frühlings- und Herbst-Nachtgleichenpunkt bezeichneten, so konnte man auf diese Weise zugleich die Rectascension des zu beobachtenden Gestirns finden, und daher auch die Sternzeit der Beobachtung angeben.

§. 165. (Zeitbestimmung durch Instrumente der älteren Astronomen.) Gewöhnlich brauchte Tycho diese Instrumente zur Bestimmung der Zeit seiner anderen Beobachtungen, die er an seinen großen Quadranten oder Sextanten gemacht hatte, indem er nämlich an seiner in dem Meridian aufgestellten Armillarsphäre den Declinationskreis CD derselben auf irgend einen größern, in seiner Rectascension schon bekannten Fixstern stellte, wodurch er sofort den Stundenwinkel dieses Sterns auf seinem Aequatorialring AB ablesen konnte. Die Summe des so erhaltenen Stundenwinkels und der schon bekannten Rectascension des Sterns gab ihm dann sofort die Sternzeit der Beobachtung, woraus er dann leicht (I. §. 160) auch die mittlere Sonnenzeit derselben Beobachtung finden konnte. Am einfachsten war dieses Verfahren, wenn er statt irgend eines bekannten Fixsterns unmittelbar die Sonne wählte, weil dann der an dem Aequatorringe AB abgelesene Stundenkreis der Sonne auch sofort schon die wahre Sonnenzeit der Beobachtung gab, wie bereits oben (I. §. 155) erklärt worden ist.

Diese Zeitbestimmung ist, wie man sieht, eines der wichtigsten Geschäfte des praktischen Astronomen. Durch sie unterscheidet er sich wesentlich von dem bloßen Geometer, dem es schon genügt, wenn er den Winkel, welchen zwei irdische Gegenstände, z. B. zwei Thürme oder zwei Bergspitzen, in seinem Auge bilden, mit Genauigkeit angeben kann, da dieser Winkel immer derselbe bleibt, so oft er aus demselben Standpunkte des Auges gesehen wird. Nicht so bei den Gegenständen des Himmels. Die Gestirne ändern, sowohl durch die tägliche Bewegung des Himmels, die allen Sternen gemeinschaftlich ist, als auch durch die ihnen eigene Bewegung, ihre Lage gegen das Auge des Beobachters unaufhörlich, und es ist daher nicht genug, daß der Astronom von einem dieser Gestirne, z. B. die Höhe auch mit der größten Genauigkeit angibt, sondern er muß auch zugleich eben so genau die Zeit angeben, in welcher er jene Höhe beobachtet hat, wie dieß für sich klar ist, weil diese Höhe sich jeden Augenblick ändert.

Da aber die Armillarsphäre, wie man aus der vorhergehenden Beschreibung derselben ohne meine Erinnerung bemerkt haben wird, weder in ihrer Konstruction durch den Künstler, noch in ihrer Aufstellung durch den Astronomen eine große Genauigkeit gewähren kann, so wird auch das erwähnte Verfahren, durch dieses Instrument die Zeit zu bestimmen, keiner großen Schärfe fähig seyn. Aus diesem Grunde war man schon in den älteren Zeiten auf andere Mittel bedacht, die Zeit der Beobachtung, dieses wichtigste Element der gesammten praktischen Astronomie, für jeden Augenblick mit mehr Verläßlichkeit zu bestimmen. Das beste Mittel zu diesem Zwecke gab aber dieselbe Veränderlichkeit der Höhe der Gestirne, von welcher wir nur so eben gesprochen haben. Während des täglichen Umlaufes jedes Sterns um die Erde kömmt derselbe in alle die verschiedenen Höhen, in die er überhaupt, nach der Lage seines Parallelkreises gegen den Horizont des Beobachters, kommen kann, und so, wie zu jeder Zeit nach der Kulmination des Sterns, d. h. wie zu jedem Stundenwinkel desselben eine bestimmte Höhe gehört, so wird auch um-

Digitized by Google

gekehrt jeder gegebenen Höhe ein bestimmter Stundenwinkel, d. h. eine bestimmte Zeit entsprechen, so daß man daher die letzte finden kann, wenn die erste durch irgend eine Beobachtung gegeben ist.

Diesem gemäß pflegten also die älteren Astronomen in dem Augenblicke einer jeden Beobachtung, z. B. in dem Augenblicke des Anfangs oder des Endes einer Finsterniß, mittels des oben erwähnten Quadranten die Höhe der Sonne oder irgend eines anderen bekannten Gestirns zu messen, woraus sie dann die Zeit jener Beobachtung auf folgende Art ableiteten.

Sey (I. Fig. 2) S' die Sonne für den Augenblick des Anfangs jener Beobachtung, deren Zeit man bestimmen will; sey ferner Z das Zenith und N der Nordpol des Aequators. Wenn man mit dem Sextanten die Höhe S'R' der Sonne über dem Horizonte HR beobachtet hat, so kennt man auch die Zenithdistanz ZS' derselben, die nämlich gleich 90° weniger jener Höhe ist. Eben so ist aber auch, aus den Sonnentafeln oder aus den astronomischen Ephemeriden, die Poldistanz NS' der Sonne für diesen Tag bekannt, so wie die Polhöhe HN des Beobachtungsortes, die gleich der geographischen Breite des Beobachters, und überdieß auch gleich 90° weniger ZN ist. Man kennt daher in dem sphärischen Dreiecke NZS' alle drei Seiten und wird daher, mittels der bekannten Formeln der sphärischen Trigonometrie, auch den Winkel ZNS' dieses Dreiecks mit aller Schärfe berechnen können. Dieser Winkel ist aber der Stundenwinkel der Sonne, d. h. die gesuchte wahre Sonnenzeit (I. §. 155).

Dieses an sich, wie man sieht, sehr einfache Verfahren wird etwas zusammengesetzter, wenn man, zur Bestimmung der Zeit, nicht die Sonne, die sich dazu vorzüglich eignet, sondern wenn man die Höhe irgend eines bekannten Sterns beobachtet, eine Beobachtung, zu welcher man öfter gezwungen ist, z. B. wenn man den Augenblick einer zur Nachtzeit angestellten Beobachtung, wo man die Sonne nicht sehen kann, bestimmen will.

Sey also S' der gewählte Stern, dessen Rectascension VQ' und Poldistanz NS' bekannt seyn soll. Nehmen wir an, daß zur Zeit der Beobachtung dieses Sterns in S' die Sonne in der Ecliptik VL den Punkt S einnehme, so daß also VS die Länge der Sonne für diesen Augenblick vorstellt. Läßt man von S auf den Aequator VQ einen senkrechten Kreisbogen ST herab, so wird VT die Rectascension der Sonne für denselben Augenblick bezeichnen, und wir wollen daher voraussetzen, daß man, aus den astronomischen Ephemeriden, auch diese Rectascension VT der Sonne bereits kenne.

Wenn man daher mit dem Quadranten die Höhe S'R' des Sterns oder, was dasselbe ist, die Zenithdistanz ZS' desselben beobachtet, so wird man in dem Dreiecke NZS', in welchem wieder alle drei Seiten gegeben sind, ganz wie zuvor, den Stundenwinkel ZNS' des Sterns, d. h. mit andern Worten: den Bogen QQ des Aequators durch Rechnung finden. Da man aber offenbar hat

$$TQ = VQ - VT \text{ oder } TQ = QQ' + VQ' - VT$$

so wird man auch die gesuchte wahre Sonnenzeit durch folgende einfache Gleichung erhalten:

Wahre Zeit = Stundenwinkel des Sterns, mehr Rectascension des Sterns, weniger Rectascension der Sonne.

Setzt man, was für die Berechnung bequemer ist, in dem letzten Gliede dieser Gleichung nicht, wie bisher vorausgesetzt wurde, die Rectascension der wahren, sondern die Rectascension der mittleren Sonne (I. §. 156), so erhält man auch, statt der wahren Sonnenzeit unmittelbar

Digitized by Google

die mittlere Zeit, und diese letzte ist es, in welcher die Astronomen ihre Beobachtungen vorzugsweise anzugeben pflegen.

Auf diese Weise also verfuhren die älteren Astronomen, um für jede ihrer Beobachtungen die Zeit derselben zu bestimmen. Tycho besonders, welcher der erste auf eine größere Schärfe in der Zeitbestimmung drang, bediente sich zu diesem Zwecke seiner großen, und für seine Zeit sehr genauen Quadranten, durch welche er die Höhen der Sterne, also auch die Zeit selbst, bei jeder wichtigen Beobachtung, mit viel größerer Präcision bestimmte, als es durch Hülfe der Armillarsphären möglich gewesen wäre.

§. 166. (Zeitbestimmung der neueren Astronomen.) Man sieht, wie beschwerlich und zeitraubend dieses Geschäft der älteren Astronomen gewesen ist. Jede Beobachtung, die sie machten, war eigentlich eine doppelte, nämlich zuerst die eigentliche Beobachtung selbst, z. B. die Finsterniß an einem Instrumente, und dann, an dem anderen Instrumente, die Bestimmung der Zeit dieser Beobachtung, welche letztere, wenn sie genau seyn sollte, umständliche Rechnungen erforderte, und überdieß noch in demselben Augenblicke mit jener angestellt werden sollte, wodurch nicht nur zwei Instrumente, sondern auch zwei Beobachter nothwendig wurden. Und dieses Uebel konnte so lange nicht vermieden werden, als man kein Mittel hatte, größere Intervalle der Zeit in kleinere und gleiche Theile zu theilen. Ein solches Mittel konnte man aber nur in einer anderen Gattung von Instrumenten finden, welche, so wie die Zeit selbst, eine regelmäßige und völlig gleichförmige Bewegung zeigten. Diese Instrumente sind aber unsere Uhren, von welchen wir später umständlich sprechen werden. Hier wollen wir nur voraussetzen, daß eine solche Uhr von einem Mittag zum anderen durch einige Tage regelmäßig fortgehe, und den Ablauf jeder Stunde, Minute und Sekunde genau anzeige.

Mit Hülfe einer solchen Uhr also war es nun nicht mehr nothwendig, bei jeder Finsterniß oder bei der Beobachtung jeder anderen Erscheinung des Himmels auch zugleich die Zeit dieser Beobachtung zu bestimmen, sondern es war schon genug, diese Uhr nur jeden Mittag mit der Sonne oder mit der großen Himmelsuhr zu vergleichen, und dann bloß den Stand der Uhr im Augenblicke jener Beobachtung abzulesen, um daraus auch sofort die wahre Zeit jener Beobachtung zu finden.

§. 167. (Correspondirende Höhen zu Zeitbestimmungen.) Wie findet man aber den Augenblick des Mittags eines jeden Tages, damit man, wie in §. 166 vorausgesetzt wurde, den Fehler der Uhr für jeden Mittag bestimmen kann?

Man könnte dazu das oben gegebene Verfahren, die Zeit überhaupt zu bestimmen, auch hier wieder benützen, und mit dem Fernrohre des Quadranten die Sonne so lange verfolgen, bis sie ihre größte Höhe über dem Horizonte erreicht, wo sie also in dem Felde des Fernrohrs nicht mehr steigt, sondern eben zu fallen anfängt. Aber dieses Verfahren würde sehr unverläßlich seyn, und man würde dadurch wohl nie die Zeit mit einiger Schärfe bestimmen, da man sie doch, nach den Bedürfnissen der neuern Astronomie, bis auf eine Sekunde, ja selbst bis auf das Zehntheil einer Sekunde genau zu kennen braucht. Die Sonne und überhaupt alle Gestirne verändern nämlich, wenn sie dem Meridian, ihrem Mittage, nahe kommen, ihre Höhe sehr langsam, und in dem Meridian selbst einige Zeit gar nicht, so daß es daher sehr zweckwidrig seyn würde, aus diesen Höhenänderungen, die so äußerst klein sind, die Zeit des Mittags oder den Augenblick der größten von allen diesen Höhen bestimmen zu wollen. Je weiter aber die Gestirne von dem Meridian entfernt sind, desto schneller ist diese Höhenänderung, und am schnellsten ist sie dann,

Digitized by Google

wenn das Gestirn S' in der Nähe desjenigen Verticalkreises ZS'R' (I. Fig. 2) steht, dessen Winkel RZR' mit dem Meridian NZR ein rechter ist, daher man auch diesen Kreis den ersten Verticalkreis zu nennen pflegt. In dieser Gegend also wird man die Höhe der Gestirne mit dem Quadranten am vortheilhaftesten beobachten, wenn man aus dieser Höhe nach der in §. 165 erklärten Weise die Zeit finden will.

Allein diese Zeit wird nicht die des Mittages seyn, welche letzte wir hier doch eigentlich suchen. Dieß würde nun zwar nicht als ein Hinderniß für unsere Methode angesehen werden können, da es, wie man ohne meine Erinnerung bemerken wird, gleichviel ist, ob man den Stand der Uhr für zwei Mittage oder auch für zwei andere Augenblicke kennt, wenn nur diese letzten den Augenblick der eigentlichen Beobachtung, der Finsterniß z. B. einschließen, oder doch nicht weiter von ihm entfernt sind, als man sich auf den regelmäßigen Gang der Uhr verlassen kann. Allein die Berechnung des Dreieckes ZNS', um daraus, nach §. 165, den Stundenwinkel ZNS' des Gestirns zu finden, wird, wenn sie oft wiederholt werden soll, beschwerlich und zeitraubend seyn, und was noch viel wichtiger ist, die beobachtete Höhe muß völlig genau bekannt seyn, weil sonst der Stundenwinkel und sonach die ganze Zeitbestimmung selbst fehlerhaft seyn würde. Allein um eine genaue Höhe zu erhalten, muß man auch ein sehr genau gearbeitetes, ein sehr vollkommenes Instrument haben, und solche sind nicht Jedermanns Sache, da sie nur mit großen Kosten angeschafft werden können. Dazu kommt noch, daß man nicht nur die Polhöhe HN oder 90 — ZN des Beobachtungsortes und die Poldistanz NS' des Gestirns, sondern auch noch die Refraction (I. §. 183) genau kennen muß, um durch die Auflösung jenes Dreieckes den Winkel ZNS' mit aller Schärfe zu bestimmen, und alle diese Forderungen sind nicht immer so leicht zu erfüllen, als man wohl auf den ersten Blick glauben sollte.

Allein von allen diesen Hindernissen und Schwierigkeiten können wir uns völlig befreien, wenn wir bedenken, daß alle Sterne zu beiden Seiten des Meridians dieselbe Höhe über dem Horizonte in denjenigen beiden Augenblicken haben, wo sie denselben Abstand vom Meridian, d. h. wo sie, zu beiden Seiten des Meridians, auch gleiche Stundenwinkel haben. Die Sonne steht drei Stunden vor dem Mittag, d. h. um 9 Uhr wahre Zeit Morgens genau eben so hoch, als sie um 3 Uhr w. Z. Abends steht, und so für jede andere zwei gleiche Stundenwinkel, wenn anders ihre Declination in dieser Zwischenzeit unveränderlich angenommen werden kann. Bei den Fixsternen ist dieß in der That der Fall; bei der Sonne, dem Monde und den Planeten aber ist diese Declination allerdings veränderlich, aber diese Veränderung ist im Allgemeinen sehr klein, und es ist leicht, auf sie durch Rechnung Rücksicht zu nehmen, wobei wir uns aber hier nicht weiter aufhalten wollen.

Wenn man also die Sonne an einem Tage zweimal, vor und nach dem Mittage, in der Nähe des ersten Verticalkreises so beobachtet, daß sie in beiden Augenblicken dieselbe, übrigens willkührliche Höhe hat, so weiß man, daß zu diesen beiden Augenblicken auch dieselben Stundenwinkel der Sonne gehören, oder mit andern Worten, daß der Augenblick der ersten Beobachtung eben so weit vor dem wahren Mittage, als der zweite nach dem Mittage statt hat, daß also auch der gesuchte wahre Mittag genau in die Mitte zwischen jene zwei Augenblicke fallen muß.

Man sieht, daß man zu diesen Bestimmungen des Mittags weder die Polhöhe des Beobachtungsorts, noch die Declination des Gestirns, noch auch die absoluten Höhen selbst, und die dazu gehörende Refraction zu

Digitized by Google

kennen braucht, und daß man bloß von der Gleichheit der beiden Höhen und von dem gleichförmigen Gange der Uhr versichert seyn muß, daß also auch zu diesen Beobachtungen der korrespondirenden Höhen, wie man sie zu nennen pflegt, weder eine eigentliche Rechnung, noch auch ein vorzügliches Instrument erfordert wird. In der That, die Eintheilung des Quadranten, den man zu diesen Beobachtungen wählt, mag so fehlerhaft seyn, als sie will, so werden doch dadurch die Beobachtungen nicht schlechter, da man vor und nach Mittag immer nur mit demselben Theilstriche zu thun hat, und da es gleich viel ist, in welchen Höhen man die Sonne beobachtet hat, wenn diese Höhen nur immer dieselben sind. Ganz eben so verhält es sich auch mit beinahe allen übrigen Fehlern dieser Instrumente, die für denselben Punkt des eingetheilten Randes ebenfalls dieselben bleiben, und daher auf das gesuchte Resultat, auf die Zeit des Mittags, keinen Einfluß haben. Um aber, nicht diese Instrumentalfehler, die hier ganz unschädlich sind, sondern um die sogenannten Beobachtungsfehler zu vermeiden, welche letzteren von der Unsicherheit unserer Sinne kommen, wird man zu beiden Seiten des Meridians nicht bloß eine, sondern mehrere Höhen der Sonne beobachten, und dann aus den Mittagen, die man aus jedem korrespondirenden Höhenpaare erhält, das sogenannte arithmetische Mittel nehmen, welches letzte offenbar, als das Resultat aller beobachteten Höhen, viel verläßlicher seyn wird, als dasjenige seyn kann, das bloß aus einem einzigen Paare derselben abgeleitet worden ist.

Um dieß durch ein Beispiel deutlich zu machen, nehmen wir an, man habe folgende korrespondirende Sonnenhöhen zu den beigesetzten Uhrzeiten beobachtet:

Höhe	Uhrzeit. Vormittag	Nachmittag
43° 15′	9ʰ 14′ 52.″0	2ʰ 49′ 40.″2
43 20	9 20 43.3	2 43 50.1
43 25	9 26 54.8	2 37 37.6
43 30	9 33 19.3	2 31 13.5

wo man also bei den nachmittägigen Zeiten eigentlich 14ʰ statt 2ʰ hätte schreiben sollen, um die Zeiten der Uhr ununterbrochen fortzuzählen. Die Summe der beiden Zeiten der ersten Höhe 43° 15′ gibt 24ʰ 4′ 32.2″, und davon ist die Hälfte 12ʰ 2′ 16.1″ die gesuchte Uhrzeit des Mittags aus dieser ersten Höhe. Eben so erhält man

	Uhrzeit des Mittags
Höhe I.	12ʰ 2′ 16.1″
II.	12 2 16.6
III.	12 2 16.2
IV.	12 2 16.4

Addirt man alle diese vier Zeiten, und dividirt sie durch 4, so erhält man für das arithmetische Mittel derselben, d. h. für die aus allen Beobachtungen gesuchte Uhrzeit

12ʰ 2′ 16.325″

oder die Uhr ging an diesem Tage im Augenblicke des wahren Mittags gegen die wahre Sonnenzeit voraus um 2′ 16.″3.

Auf diese Weise kann man also jeden Mittag die Uhr mit der Sonne, d. h. mit der wahren Zeit vergleichen, und daraus, wie wir oben (§. 166) gesehen haben, den Stand der Uhr gegen diese wahre Zeit auch für jede andere zwischen diesen Mittagen liegende Zeit durch eine einfache

Digitized by Google

Rechnung bestimmen. Da man nämlich die Abweichung der Uhr von der wahren Zeit für jeden gegebenen Augenblick kennt, so darf man nur die Uhrzeit einer Beobachtung kennen, um daraus auch sofort die wahre Zeit dieser Beobachtung zu finden.

Wollte man aber diese Zeiten der Beobachtungen nicht, wie es die älteren Astronomen zu thun pflegten; in wahrer, sondern, was in der That bequemer ist, in mittlerer Sonnenzeit angeben, so braucht man nur für den wahren Mittag jedes Tages die sogenannte Zeitgleichung (I. §. 156), d. h. den Unterschied zwischen der wahren und mittleren Zeit zu kennen. Man findet aber diese Zeitgleichung für jeden Tag des Jahres schon in den astronomischen Ephemeriden berechnet. Gesetzt, diese Zeitgleichung wäre für den Tag unserer vorhergehenden korrespondirenden Höhen 8 Minuten 32.7 Sekunden, so heißt dieß, daß eine richtig gehende mittlere Uhr in dem Augenblicke des wahren Mittags jenes Tages $12^h\ 8'\ 32.7''$ zeigen soll. Allein unsere Uhr zeigte $12^h\ 2'\ 16.3''$, also ging sie, im wahren Mittage jenes Tages, oder in dem Augenblicke, wo es in der That $14^h\ 8'\ 32.7''$ mittlerer Zeit war, gegen mittlere Zeit zu spät um $6'\ 16.4''$.

Wäre endlich, was man ebenfalls in diesen Ephemeriden findet, für den Augenblick des wahren Mittags dieses Tages die Sternzeit (I. §. 159) gleich $5^h\ 14'\ 25.6''$ angegeben, so würde, da unsere Uhr in diesem Augenblicke $12^h\ 2'\ 16.3''$ zeigte, dieselbe gegen Sternzeit um $6^h\ 47'\ 50.7''$ zu früh gehen u. s. f.

Welche von diesen drei Zeiten man also wählt, immer wird man, durch Hülfe der korrespondirenden Höhen, die Abweichung der Uhr von jeder dieser drei Zeiten für den wahren Mittag eines jeden Tages, an welchem man eine Beobachtung angestellt hat, angeben können, und daraus den Stand und Gang der Uhr durch eine sehr leichte und einfache Rechnung ableiten, d. h. für jede andere Beobachtung die richtige wahre oder mittlere Sonnenzeit, oder endlich auch die Sternzeit dieser Beobachtung angeben können.

Hat man nun seine Uhr so eingerichtet, daß sie nahe nach der Sonnenzeit geht, d. h. daß sie von einem Mittage zum andern nahe 24 volle Stunden gibt, so wird man zur Regulirung derselben durch korrespondirende Höhen offenbar am bequemsten die Sonne gebrauchen. Allein es wurde bereits früher (I. §. 161) bemerkt, daß eine nach der Sternzeit gehende Uhr zum astronomischen Gebrauche viel bequemer ist. Eine Sternuhr aber ist eine solche gleichförmig gehende Uhr, die zwischen zwei nächsten Kulminationen eines Fixsterns nahe 24 volle Stunden, die also auch, da die Sonne sich im Mittel täglich um $0^h\ 3'\ 56.''555$ gegen Ost dreht, zwischen zwei nächsten Kulminationen der mittleren Sonne $24^h\ 3'\ 56.''555$ zeigt. Es wurde bereits gesagt (I. §. 161), wie man jede mittlere Uhr, durch eine bloße Verkürzung ihres Pendels, auf eine solche Sternuhr bringen kann. Wenn man sich also, wie es am angemessensten ist, sich einer solchen Sternuhr bei allen seinen Beobachtungen bedient, so wird man auch, zur Regulirung dieser Uhr durch korrespondirende Höhen sich nicht der Sonne, sondern am bequemsten eines bekannten Fixsterns bedienen. Dann wird man nämlich die durch die Beobachtung der korrespondirenden Höhen dieses Sterns erhaltene Uhrzeit der Kulmination unmittelbar mit der bekannten Rectascension dieses Sterns vergleichen, um sofort den Fehler der Uhr gegen Sternzeit zu erhalten, weil (nach I. §. 161) die Rectascension eines jeden Gestirns auch zugleich die Sternzeit der Kulmination desselben ist. Wenn man also z. B. von einem Fixstern, dessen Rectascension $5^h\ 30'\ 24''$ bekannt ist, durch korre-

Digitized by Google

spondirende Höhen die Uhrzeit der Kulmination an seiner Sternuhr gleich $5^h\ 31'\ 10''$ gefunden hat, so ist dadurch auch sofort bekannt, daß die Uhr, in dem Augenblicke jener Kulmination, gegen Sternzeit um 46 Secunden voraus ist. — In diesem Falle wird also auch die Correktion der Uhr gegen Sternzeit nie so hoch anwachsen können, wie in dem vorhergehenden Beispiele, wo wir sie gleich $6^h\ 47'\ 50.7''$ gefunden haben. In der Ordnung wird man nämlich seine Sternuhr durch allmählige Verkürzung des Pendels, und wenn dieses einmal die gehörige Länge hat, durch die Stellung der Zeiger, so zu stellen suchen, daß ihre Abweichung von der Sternzeit nur sehr klein ist, und auch in mehreren Monaten selbst immer noch klein bleibt. Wenn aber auch der tägliche Fehler derselben noch so gering ist, wenn sie z. B. in jedem Sterntage nur eine einzige Secunde vor der Sternzeit vorausgeht, so wird dieß in zwei Monaten doch schon eine Minute, und in einem Jahre sechs Minuten betragen. Dieß wird aber kein Grund seyn, die Zeiger der Uhr öfter zu verstellen, um sie ihrem wahren Stande näher zu bringen, wie dieß wohl viele mit ihren Taschenuhren zu thun pflegen, wenn sie die Mittagsglocke läuten hören. Durch solche gewaltsame Verstellungen der Zeiger mit der Hand wird der regelmäßige Gang dieser feinen Maschinen nur gestört, und der Astronom wird diese und alle ähnlichen äußeren Störungen seiner Uhr sorgfältig vermeiden, um sie so viel möglich ihren Gang ununterbrochen fortsetzen zu lassen. Daher kommt es, daß man selbst auf den bestеingerichteten Sternwarten oft zu seiner Verwunderung hört, daß die Uhren derselben mehrere Minuten von der richtigen Zeit abweichen, während man doch glauben sollte, daß sie immer auf das Genaueste mit dem Himmel übereinstimmen müßten. Der Astronom ist schon vollkommen zufrieden, daß seine Uhr nur *gleichförmig*, wenn sie auch täglich, aber auch nur *alle* Tage, um *dieselbe* Zeit zurückbleibt oder vorausgeht. Er hält von diesem Gange seiner Uhr, wie man gesehen hat, täglich scharfe Rechnung, und wird dadurch von dem Fehler derselben für jeden gegebenen Augenblick in genaue Kenntniß gesetzt. Eine Uhr aber, deren Fehler man genau kennt, ist mit Recht eben so gut, als eine fehlerfreie, eine ganz vollkommene Uhr.

§. 168. (Korrespondirende Höhen zur Bestimmung der Rectascension der Gestirne.) Wir wollen daher fortan voraussetzen, daß der beobachtende Astronom seiner Zeit in jedem Augenblicke genau versichert ist, daß wir die Mittel, diesen Zweck zu erreichen, kennen gelernt haben. Damit ist nun auch allerdings eines seiner vorzüglichsten und dringendsten Geschäfte abgethan, da er, wie bereits oben gesagt wurde, bei jeder seiner Beobachtungen an den ihren Ort am Himmel immer verändernden Gestirnen, auch zugleich die genaue Zeit dieser Beobachtung angeben muß.

Wir haben so eben gesehen, wie er durch die Beobachtung der korrespondirenden Höhen eines Sterns die Correktion seiner Uhr finden kann, wenn er die Rectascension dieses Sterns kennt. Allein ganz eben so und durch dasselbe einfache Verfahren wird er auch umgekehrt die Rectascension eines jeden Sterns finden, wenn er die Correction seiner Uhr schon kennt. Da nämlich die Rectascension eines jeden Sterns gleich der Sternzeit der Culmination desselben ist, so wird er, durch korrespondirende Höhen, die Uhrzeit der Culmination des Sterns suchen, und an dieser Uhrzeit die ihm bereits bekannte Correction derselben gegen Sternzeit anbringen, um sofort auch die richtige Sternzeit der Culmination, d. h. um die gesuchte Rectascension des Sterns zu erhalten.

Dieß gibt also ein eben so einfaches als auch sicheres Mittel, die Rectascensionen aller Gestirne mit der größten Genauigkeit zu bestim-

Digitized by Google

men. Auch haben es die Astronomen des 17ten Jahrhunderts fleißig angewendet, so bald sie einmal durch ihre mechanischen Künstler solche Uhren erhalten konnten, auf deren gleichförmigen Gang sie sich verlassen durften. Denn diese Voraussetzung einer guten Uhr ist eigentlich die wesentlichste, um genaue Resultate zu erhalten, während im Gegentheile, wie wir gesehen haben, der Quadrant, mit welchem man diese korrespondirenden Höhen beobachtet, ohne Nachtheil selbst ein sehr mittelmäßiges Instrument seyn kann. Auf der Pariser Sternwarte wurde dieses Verfahren schon sehr früh i. J. 1666 angewendet, wie man aus den Memoiren der Akademie dieser Stadt bei Gelegenheit der Finsterniß des 22sten Julius jenes Jahres sehen kann, wo Huygens, Roberval und Auzout ihre Zeit bereits durch korrespondirende Höhen bestimmten. Lacaille, einer der besten und fleißigsten Astronomen des achtzehnten Jahrhunderts, bestimmte noch i. J. 1755 beinahe alle seine sehr zahlreichen Rectascensionen der Fixsterne und der Planeten auf dieselbe Weise.

§. 169. (Quadranten mit zwei Fernröhren.) Der einzige Nachtheil, den man dieser Methode der korrespondirenden Höhen zum Vorwurfe machen kann, ist, daß sie zeitraubend und von Zufällen zu sehr abhängig sind, die der Beobachter nicht in seiner Gewalt hat. Sie fordern, wenn man mehrere derselben nehmen will, vor und nach dem Mittage wenigstens eine halbe Stunde, und wenn die Sonne Nachmittag, zur Zeit der Beobachtungen, mit Wolken bedeckt ist, so geht die ganze Beobachtung verloren. Auch waren nach der Mitte des 17ten Jahrhunderts, wo man die Uhren zu den astronomischen Beobachtungen zu gebrauchen anfing, diese sinnreichen und schwer auszuführenden Maschinen noch lange nicht mit derjenigen Vollkommenheit gearbeitet, durch welche sie sich in unseren Tagen auszeichnen. Endlich gab diese Art der Beobachtung nur die Rectascension der Gestirne, aber nicht die Declination, also nur eine unvollständige Bestimmung des Ortes derselben am Himmel. Die Declination ließ sich doch nur wieder durch Hülfe jener Quadranten finden, indem man mit ihnen die Höhe der Gestirne im Meridian maß, und davon die bereits bekannte Aequatorhöhe subtrahirte, und dazu gewährten jene Quadranten die gewünschte Sicherheit ebenfalls nicht.

Bei dieser Lage der Dinge entschlossen sich mehrere der besten Beobachter, die Uhren nur zur allgemeinen Zeitbestimmung ihrer übrigen Beobachtungen zu gebrauchen, nicht aber sie auch zugleich zur Angabe der Rectascensionen anzuwenden, wozu sie ihnen nicht genau genug schienen, da jeder Fehler in der beobachteten Zeit die Fehler in der so gesuchten Rectascension, im Bogen gezählt, schon fünfzehnmal größer, also z. B. ein Fehlen von einer Zeitminute die gesuchte Rectascension schon um 15 Bogenminuten, oder um den vierten Theil eines Grades unrichtig machte. Sie suchten daher die Orte der Planeten am Himmel, an deren Kenntniß dem Beobachter vor allen gelegen ist, durch andere Mittel zu erhalten, und sie wählten dazu vorzugsweise die Beobachtung der Distanzen dieser Planeten von zwei benachbarten, ihrer Lage nach bereits bekannten Fixsternen. Zu dieser Absicht mußten sie dem Quadranten, so wie er oben (I. §. 43) beschrieben wurde, eine etwas veränderte Einrichtung geben. Er mußte nämlich zuerst mit zwei Fernröhren versehen werden, von welchen das eine, wie bisher, sich um den Mittelpunkt C [I. Fig. 7] bewegte, während das andere in der Lage CA mit dem Quadranten fest und unveränderlich verbunden wurde. Zweitens mußte aber auch der ganze Quadrant ABC um den Punkt C, wo er an seine Säule oder an sein Fußgestell befestiget war, nach allen Richtungen beweglich gemacht werden. Dieß könnte z. B. am einfachsten durch eine

Digitized by Google

sogenannte Nuß geschehen, wie sie in Fig. 96 abgebildet ist. Auf dem oberen Theile der Säule D, welche den Quadranten trägt, ist ein metallener Cylinder befestiget, der an seinem obersten Ende eine halbe Kugelschale C trägt. In diese Schale paßt eine Kugel a, an welche ein hohler Cylinder ab angegossen ist, und in dessen Höhlung ein anderer innerer Cylinder ab paßt, an dessen oberstem Ende b das Instrument AB oder hier der Quadrant befestiget wird. Die Druckschraube m hält den inneren Cylinder in seiner äußeren Hülle fest, und die Druckschraube n befestiget die Kugel in ihrer Kugelschale. Wenn man daher die beiden Druckschrauben m und n öffnet, so kann man dem Quadranten AB irgend eine willkührliche, auch geneigte Lage gegen den Horizont geben, und ihn dann, wenn man die beiden Schrauben anzieht, auch in dieser Lage befestigen.

Wenn also mit einem solchen Instrumente die Distanz zweier Gestirne, z. B. die Distanz eines Planeten, dessen Ort man bestimmen will, von einem bereits bekannten Fixstern beobachtet werden soll, so bringt man zuerst die Fläche des Quadranten in die Ebene, welche durch das Auge des Beobachters und durch jene beiden Gestirne geht, und zwar so, daß das fixe Fernrohr des Instruments auf das eine dieser beiden Gestirne gerichtet ist.

In dieser Lage wird der Quadrant mittels jener Druckschrauben befestiget, und nun wird auch das andere Fernrohr längs der Ebene des Quadranten so lange bewegt, bis durch dasselbe auch das andere Gestirn erscheint. Man sieht, daß man auf diese Weise die Distanz der beiden Gestirne auf dem Quadranten ablesen kann, und daß man dieselbe am besten erhalten wird, wenn zwei Beobachter zu gleicher Zeit an dem Instrumente beschäftiget sind, von denen jeder durch eines der beiden Fernröhre sieht. Uebrigens bemerkt man von selbst, daß man, da man im Allgemeinen die kleineren Distanzen vorziehen wird, den Bogen AB auch kleiner, als den vierten Theil eines Kreises nehmen kann, wodurch das Instrument zu den Beobachtungen bequemer wird. Ein solches Instrument wird ein astronomischer Sextant oder Octant genannt, je nachdem der Bogen des Kreises . . 60 oder 45 Grade hat.

Dieser Art, die Orte der Planeten am Himmel, z. B. ihre Länge und Breite zu finden, bedienten sich vorzüglich Tycho, Hevel und selbst noch Flamstead.

Allein auch dieses Verfahren setzt einen sehr vollkommen gebauten und genau getheilten Quadranten voraus, und es ist überdieß für den Gebrauch unbequem, da es zwei Beobachter und eine sehr umständliche Berechnung erfordert. Um dieses näher zu zeigen, seyen (Fig. 97) A und B die beiden Sterne, deren Ort am Himmel man genau kennt, und durch deren Distanzen AC und BC von dem Planeten C man auch den Ort des letzten bestimmen will. Ist also z. B. P der Nordpol des Aequators, so kennt man die beiden Poldistanzen AP und BP der Sterne und den Winkel APB d. h. die Differenz ihrer Rectascensionen. Durch die Beobachtung sind überdieß die Distanzen AC und BC gegeben. Sonach kennt man in dem Dreiecke APB die zwei Seiten AP, BP und den von ihnen eingeschlossenen Winkel APB, also wird man auch daraus durch Rechnung (I. §. 49) die Seite AB und den Winkel x finden können. Dadurch sind in dem zweiten Dreiecke ABC alle drei Seiten gegeben, also wird man auch den Winkel ABC, das heißt den Winkel $y = ABC - x$ berechnen können. Auf diese Weise kennt man aber in dem dritten Dreiecke BPC die beiden Seiten BP und BC nebst dem eingeschlossenen Winkel y, also findet man auch daraus durch Rechnung

Digitized by Google

die Seite PC und den Winkel PBC. Es aber PC die gesuchte Poldistanz des Planeten und der Winkel BPC ist gleich der gesuchten Rectascension des Planeten, weniger der bereits bekannten Rectascension des zweiten Sterns B.

§. 170. (Mauerquadrant.) Da aber diese Rechnungen, wenn sie oft wiederholt werden, sehr zeitraubend sind, so dachte man bald auf andere Mittel, dieselbe Absicht zu erreichen.

Zuerst suchte man dem Quadranten, auf den man doch immer wieder zurückzukommen gleichsam gezwungen war, mehr Vollkommenheit zu geben. Man sah ein, daß man die Theilung desselben, bei einem kleineren Instrumente besonders, nicht mit Genauigkeit auftragen kann, und daß im Gegentheile sehr große Instrumente weder leicht noch sicher in alle jene so verschiedenen Lagen gebracht, und darin erhalten werden können. Man kam daher auf die Idee, viele größere Quadranten in der Ebene des Meridians selbst fest und unveränderlich aufzustellen, und daran die Gestirne zur Zeit ihrer Kulmination zu beobachten. So entstand der Mauerquadrant, der noch in den letzten Decennien des verflossenen Jahrhunderts zu den vorzüglichsten und gebräuchlichsten Instrumenten der Astronomie gehörte.

Der Mauerquadrant ABC (Fig. 98) besteht aus mehreren starken und unter einander fest verbundenen Stangen und einem Kreisbogen AB von Metall. Dort wo diese Stangen an einander gefügt sind, in den Punkten m, m, m ist das ganze Instrument durch starke Schrauben an eine in der Ebene des Meridians errichtete Mauer befestiget. Man wird sich bei diesen Schrauben leicht eine Vorrichtung denken können, durch welche man das ganze Instrument in seiner Lage etwas verrücken, und dadurch ganz genau in die Ebene des Meridians bringen kann. Ein Bleiloth BC, oben bei C, an einer Nadelspitze befestiget, wird an dem untersten Theile B des eingetheilten Randes AB immer denselben Punkt bedecken, so lange die beiden äußersten Halbmesser CA und CB des Quadranten unverändert dieselbe Lage gegen den Horizont beibehalten. Schlägt der Faden auf einen andern Punkt, so wird man von dieser Abweichung des Quadranten entweder Rechnung tragen, oder sie auch, durch dieselbe Vorrichtung bei den Schrauben m, m .. wieder herstellen und verbessern können. Der Faden dieses Lothes ist durch ein ihn umgebendes Gehäuse vor Luftzug geschützt, und die zu große Beweglichkeit des Gewichts bei B wird dadurch gehindert, daß man es in einem mit Wasser gefüllten Gefäße schwimmen läßt. Das Fernrohr DE bewegt sich um den Mittelpunkt O des Quadranten mit der Fläche desselben parallel. Bei der Ocularseite E ist es, mittels einer Schraube ed und einer doppelten Metallplatte b mit dem Rande des Instruments in Verbindung gesetzt. Diese Platte umfaßt, in der Gestalt einer Gabel, den Kreisbogen, und die beiden Theile derselben können durch eine eigene Schraube einander genähert werden, wodurch dann das Fernrohr fest mit dem Kreisbogen AB verbunden wird. Wenn aber diese beiden Theile der Platte von einander entfernt werden, so läßt sich das Fernrohr frei um den Mittelpunkt O drehen, und auf einen willkührlichen Punkt des Quadranten stellen und daselbst mittels der erwähnten Schraube bei b so befestigen, daß man kleine Verrückungen des Fernrohrs noch mittels der Schraube ed hervorbringen, und dadurch das Fernrohr genau auf den zu beobachtenden Stern stellen kann. Auf der jener Platte b entgegen gesetzten Seite ist dieses Fernrohr mit einem kleinen, eingetheilten Metallplättchen a oder mit dem Vernier verbunden, der zur genaueren Bestim-

Digitized by Google

mung der auf dem Kreise AB angebrachten Theilstriche dient, und von dem wir weiter unten sprechen werden.

Tycho ist der erste, der ein solches Instrument gebraucht hat, das er, als der Erfinder desselben, Quadrans Tychonicus nannte. Da er den Halbmesser desselben sehr groß annahm, so konnte er den Rand desselben mittels Transversalen, wie wir weiter unten sehen werden, noch bis auf zehn Sekunden eintheilen. Allein diese so weit getriebene Theilung war demungeachtet sehr ungenau, und man sieht aus seinen Beobachtungen, daß die Fehler derselben öfter auf zwei und selbst auf drei Minuten gehen. Seine nächsten Vorgänger, wie Walther, Regiomontan, Wilhelm IV. und andere, die auf ihre Instrumente nicht geringere Mühe und Kosten verwendet hatten, mußten sich Fehler von zehn Minuten gefallen lassen, und den Arabern ging es, ihrer ungeheueren Instrumente ungeachtet, nicht besser. Ptolemäus versichert in seinem Almageſt, daß seine und Hipparch's Beobachtungen die Winkel bis auf vier Minuten im Raume, und die Zeit bis auf acht Zeitminuten genau geben; allein aus den Beobachtungen der alexandrinischen Griechen scheinen noch viel größere Fehler zu folgen.

Wie dem auch seyn mag, die große Vollkommenheit unserer astronomischen Instrumente datirt sich erst seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts, und unter diesen wurden besonders die Mauerquadranten von den englischen Künstlern mit einer bisher ganz unbekannten Genauigkeit verfertiget. Im Jahre 1725 schon vollendete Graham einen der ersten und vorzüglichsten Mauerquadranten von acht Fuß im Halbmesser, an welchem Halley in Greenwich beobachtete. Unter Graham's Leitung verfertigte Jonathan Sisson einen anderen, mit welchem le Monnier in Paris bis zum Jahre 1751 beobachtete, und der dann nach Berlin gebracht wurde, wo Lalande an ihm die Beobachtungen machte, die Lacaille, nach der getroffenen Verabredung, gleichzeitig am Kap der guten Hoffnung anstellte. Der berühmte Mechaniker Bird in England verfertigte mehrere ausgezeichnete Instrumente dieser Art, einen von acht englischen Fuß im Halbmesser für Greenwich, zwei für Oxford, eben so viele für Petersburg, Göttingen, Cadix, Mannheim und Paris. Der französische Finanzminister Bergeret ließ im Jahr 1775 in England einen Mauerquadranten für die Ecole militaire in Paris verfertigen, an dem anfangs d'Agelet viel beobachtete, bis endlich Lalande, der Neffe des bekannten Astronomen (Jérome le Français Lalande) ihn benützte, um durch seine eifrigen und viele Jahre fortgesetzten Beobachtungen den ersten vollständigen Fixsternkatalog von mehr als 40000 Sternen zu geben. (M. s. dessen Histoire céleste. Paris 1801). Kein anderes Instrument hatte bisher eine so reiche Ernte von nützlichen Beobachtungen geliefert. Ramsden, vielleicht der erste aller Mechaniker, die je gelebt haben, verfertigte einen großen Mauerquadranten für die Sternwarte in Padua, einen andern für Mailand und für Wilna, und endlich einen für Blenheim in England, welcher letzte sich auf einer soliden vertikalen Axe im Horizonte drehen läßt, und überhaupt eines der vollkommensten Instrumente ist, das je aus der Hand eines Künstlers hervorgegangen ist.

§. 171. (Entdeckung der Fernröhre.) So vorzüglich aber auch diese Instrumente, in Beziehung auf die früheren, seyn mochten, so ließen sie doch für die erhöhten Forderungen der neueren Astronomie noch gar manches zu wünschen übrig. Ihr großes Volum machte sie kostbar und zum Gebrauche unbequem, und es war überdieß äußerst schwer, wo nicht unmöglich, einen so großen Kreisbogen in einer und derselben Ebene, ohne theilweise Biegungen und Krümmungen zu erhalten. Nicht min-

Digitized by Google

der schwierig war es, das Fernrohr in allen seinen Lagen der Ebene des Quadranten genau parallel zu machen, und die zwei letzten Ursachen machten das Instrument zur Beobachtung der absoluten Zeitbestimmung oder der Rectascension in der Ebene des Meridians nicht in dem Maße geeignet, welches die so weit vorgerückten Bedürfnisse der Wissenschaft zu erfordern schienen. Wegen der Unbeweglichkeit des Instruments waren die Rectificationen desselben beschwerlich und unsicher. Endlich waren sie, eben wegen ihrer Größe, den Einwirkungen der Temperatur zu sehr ausgesetzt. Die höheren Theile des Observationszimmers sind gewöhnlich wärmer, als die näher an dem Fußboden liegenden, wodurch das Instrument oben mehr als unten, und überhaupt in seinen verschiedenen Theilen verschieden ausgedehnt wird, was auf die damit angestellten Beobachtungen einen um so nachtheiligeren Einfluß haben muß, je schwerer es ist, diese Ausdehnung zu bemerken oder von ihren Wirkungen Rechnungen zu tragen.

Diese Schwierigkeiten, mit denen die neueren Astronomen zu kämpfen hatten, entsprangen vorzüglich aus der Entdeckung eines neuen Instruments, durch welches unser edelster Sinn wunderbar erhöht, und unsere Kenntniß der Erde und des Himmels auf eine Weise erweitert wurde, von welchen sich die Alten keine Vorstellung machen konnten.

Die Ausbildung und Vervollkommnung der Astronomie in ihrem ganzen Umfange hängt nämlich vorzüglich von drei Gegenständen ab. Erstens von dem Grade der Genauigkeit, mit welcher wir die äußeren Objekte dieser Wissenschaft, die himmlischen Körper, *sehen* können. Was man nicht oder doch nicht deutlich sieht, kann man auch nicht oder doch nicht genau beobachten. Mit freien Augen unterscheiden wir Winkel, die mehrere Minuten unter sich verschieden sind, nicht mehr, also wird auch ein Beobachter mit unbewaffnetem Auge für eine und selbst für mehrere Minuten nicht mehr gut stehen können. Dieß war der Fall der alten Griechen und Araber und überhaupt aller Astronomen, die mit den neuern Mitteln, die Schärfe unseres Auges zu stärken, unbekannt waren.

Als wir durch eine der glücklichsten Entdeckungen, die dem menschlichen Geiste je gelungen ist, dahin gekommen waren, Gegenstände am Himmel zu sehen, die uns wegen ihres zu geringen Umfanges früher ganz unbemerkbar waren, so mußte es unsere nächste Sorge seyn, nun auch unsere Instrumente so einzurichten, so zu vervollkommnen, daß man damit die Größen, die man nun *sehen* konnte, auch zu *messen* im Stande war. Wir sahen jetzt die Durchmesser der Planeten, ihre Winkelabstände von den Fixsternen, ihre Höhen über dem Horizonte oder über dem Aequator bis auf einzelne Secunden genau, und daraus mußte unmittelbar der Wunsch entstehen, diese Gegenstände auch eben so genau bis auf die einzelne Secunde *messen* zu können.

Nachdem endlich auch diese Forderung erfüllt war, nachdem durch die vereinigten Bemühungen der größten Künstler des verflossenen Jahrhunderts unsere Meßwerkzeuge eine Genauigkeit erhalten hatten, daß sie mit jener wunderbaren Verschärfung unseres Auges gleichen Gang hielten, d. h. nachdem unsere *optischen* sowohl, als auch unsere *messenden* Instrumente auf einen so hohen Grad der Vollkommenheit gebracht waren, blieb noch eine andere, dritte Gattung von Instrumenten, das Werkzeug des Geistes, wenn man so sagen darf, blieb noch die *mathematische Analysis* übrig, die nun ebenfalls aus dem Zustande der Kindheit, in welchem sie uns von unseren Vorgängern überliefert worden war, zu der Höhe gebracht werden mußte, in welcher sie die beiden anderen großen Hülfsmittel der Wissenschaft kräftig unterstützen, oder viel-

Digitized by Google

mehr, da sie unter allen bei weitem die wichtigste war, in welcher sie jene beiden leiten und anführen konnte, so daß fortan die theoretische Astronomie mit der praktischen Hand in Hand auf demselben Wege ihrer gemeinsamen Vollendung entgegen gehen konnte.

Die Darstellung der allmähligen Ausbildung dieser drei Theile der Wissenschaft bildet die wahre Geschichte der Astronomie. Ein völliges Gleichmaß unter diesen Theilen würde die Wissenschaft zu einer in sich selbst abgeschlossenen Ruhe, zu einer Art von Stagnation bringen, während im Gegentheile das Uebergewicht des einen derselben über die beiden andern Leben und Thätigkeit erzeugt, und den menschlichen Geist auffordert, das gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen, und die Lücken und Mängel, die in den zurückgebliebenen Theilen der Wissenschaft sichtbar werden, durch neue Anstrengungen wieder zu ersetzen.

Eine solche Aufforderung an den Genius der Menschheit erging, im Anfange des siebenzehnten Jahrhunderts, durch die Erfindung des Fernrohrs, dem bald auch die des Mikroscops folgte, das jenem so nahe verwandt ist. Beide Instrumente erweiterten die Gränze unseres edelsten Sinnes, und dadurch unsere Kenntniß der Natur auf eine wunderbare Weise. Zwei neue, bisher ganz ungeahnte Welten schlossen sie vor uns auf, indem sie uns Gegenstände erkennen ließen, von welchen die einen wegen ihrer zu geringen Kleinheit und die andern wegen ihrer zu großen Entfernung, uns ohne jenes Instrument, für immer verborgen geblieben wären.

Wenn es aber erlaubt ist, diese Entdeckung, durch welche der Mensch die ihm von der Natur gesetzten Schranken zu durchbrechen und sich über sich selbst zu erheben wußte, für ihn selbst in einem hohen Grade ruhmvoll zu halten, so muß doch auch hinzugesetzt werden, daß er diese schönste und glänzendste seiner Entdeckungen keineswegs dem Scharfsinne oder dem angestrengten Nachdenken seines Geistes, sondern daß er sie nur einem Zufalle, einem blinden Ohngefähr, daß er sie bloß einem absichtslosen Spiele zweier Kinder verdankt. Auch möchte es, welche hohe Idee von der geistigen Kraft des Menschen man auch nähren mag, wohl immer für ihn unmöglich seyn, auf dem bloßen Wege der theoretischen Spekulation zu Entdeckungen solcher Art zu gelangen *). Nach Borelli's Erzählung soll Zacharias Jansen, ein holländischer Künstler, i. J. 1590 auf diese Entdeckung gekommen seyn, indem seine Kinder unter den vielen vorräthigen Glaslinsen zufällig zwei derselben zusammen brachten und dadurch die entfernten Gegenstände zu ihrer Verwunderung sehr vergrößert erblickten. Andere erzählen dieselbe Anekdote von Jakob Metius, aus Alkmar, oder von Johann Lippersheim aus Middelburg

*) Huygens, der selbst zur Vollendung dieser Entdeckung sehr wesentlich beigetragen hat, erklärt sich darüber in seiner Dioptrik auf folgende Weise: „Wenn es je einen Menschen von solcher Geisteskraft gegeben hätte, daß er durch bloßes Nachdenken und aus geometrischen Principien auf die Entdeckung des Fernrohrs gekommen wäre, so würde ich nicht anstehen, ihn für ein höheres, über alle Sterblichen weit erhabenes Wesen zu halten. Aber davon sind wir so weit entfernt, daß selbst noch lange nachher unsere größten Gelehrten von dieser durch einen bloßen Zufall gemachten Entdeckung die wahren Gründe derselben nicht einmal gehörig angeben können“ In der That waren die ersten optischen Schriftsteller lange in Verlegenheit, die einfachsten Erscheinungen und Eigenschaften des Fernrohrs theoretisch richtig zu erklären.

Digitized by Google

in Holland, die Beide diese Entdeckung nahe um dieselbe Zeit gemacht haben sollen.

Ein Stück Kieselerde mit Potasche vermischt, und ein Spiel der Kinder eines Brillenmachers öffnete uns also zwei neue, unbekannte Welten! — Dieses zufällige Spiel lehrte uns mit dem mikroscopischen Auge der Milbe die Blüthentheile der Moose, das kunstreiche Gewebe und den Farbenschmelz der Schmetterlingsflügel und jene Geschöpfe erblicken, die, den Wassertropfen zu Tausenden bewohnend, heerdenweise durch das Oehr einer Nadel ziehen, während sie uns zugleich mit den Augen eines höheren Wesens die fernsten Gränzen unseres Planetensystems betrachten, und selbst weit jenseits dieser Gränzen die zahllosen Wunder des Himmels kennen lehrte, gegen welche alles, was uns hier unten groß und mächtig erschien, nur als ein bedeutungsloses Nichts verschwindet. Gewiß ein merkwürdiges Beispiel, das uns zugleich erheben und demüthigen, das uns aber auch auffordern muß, keine, auch nicht die geringste Erscheinung der Natur zu vernachlässigen, da sie, wenn auch anfangs unbedeutend scheinend, doch immer einen Ring mehr in der Kette unserer Kenntnisse bilden kann, und daher als ein Schatz von bisher unbekanntem Werthe zu dem großen Vorrathe anderer Schätze, und zu demjenigen Erbe gelegt werden soll, welches wir unsern Nachkommen mit der Hoffnung überlassen können, daß Zeit und Glück einst einen späten Enkel begünstigen und die Kostbarkeit des hinterlegten Pfandes zu Tage fördern wird.

§. 172. (Brechung der Lichtstrahlen durch eine Linse.) Um die Einrichtung eines Fernrohrs näher kennen zu lernen, wird es angemessen seyn, zuerst die Art zu untersuchen, auf welche die Lichtstrahlen von einer Glaslinse gebrochen werden. Wir betrachten hier nur sogenannte biconvexe Linsen MN (Fig. 99), die auf beiden Seiten erhaben geschliffen, und Stücke von zwei gleichen oder auch verschiedenen Kugeln sind, deren Mittelpunkte irgendwo in derselben geraden Linie Aa liegen, welche Linie auch die Axe der Linse heißt.

Eine solche Linse ist also ein gemeines Brennglas, das Jedermann kennt und auch zu brauchen weiß. Wenn man nämlich die eine der beiden Flächen dieses Glases der Sonne aussetzt, so daß die Strahlen derselben nahe senkrecht auf diese Fläche fallen, so bemerkt man auf der anderen Seite der Linse, in einiger Entfernung von ihr, einen kleinen, runden, lichten Kreis, den man den Brennpunkt der Linse nennt, weil er in der That eine große Hitze äußert und die Gegenstände, auf die er fällt, in Brand setzt. Dieser Brennpunkt liegt aber, wie man sich leicht überzeugen kann, immer in der Axe Aa der Linse und ist in der That nichts anderes, als das Bild der Sonne, wie man deutlich sehen kann, wenn man dieselbe Linse vor die Oeffnung eines verfinsterten Zimmers stellt, und auf der inneren Seite, in derselben Entfernung von der Linse, eine weiße Tafel vorstellt, wo sich dann von den entfernten äußeren Gegenständen, z. B. von den andern Häusern der Stadt, die Bilder derselben auf der Tafel zeigen. Je weiter jene Häuser von der Linse entfernt sind, desto deutlicher erscheinen ihre Bilder, wenn die Tafel in der That eben so weit, wie oben bei der Sonne, von der Linse absteht, während die näher stehenden Häuser undeutlich, und endlich ganz unkenntlich werden. Wir müssen daher annehmen, daß die von den entfernten Gegenständen ausgehenden, und die ganze Vorderfläche der Linse bedeckenden Lichtstrahlen, bei dem Durchgange derselben durch die Linse gebrochen, und hinter der anderen Seite der Linse so vereiniget werden, daß alle diejenige Strahlen, welche von einem bestimmten

Digitized by Google

Punkte des Gegenstandes, z. B. von der Spitze eines Thurmes ausgingen, sich wieder in einem einzigen bestimmten Punkte sammeln, und eben dadurch das Bild dieser Thurmspitze bilden, und dasselbe wird auch von jedem andern Punkte des Thurmes gelten müssen, weil sonst das Bild desselben nicht so rein und deutlich seyn könnte, wie es in der That erscheint.

Wenn also der äußere Gegenstand, ein entfernter Thurm oder die noch viel mehr entfernte Sonne, sehr weit von der Linse absteht, so liegt das Bild derselben immer in dem Brennpunkte der Linse. In diesem Falle können aber alle Strahlen, welche von dem leuchtenden Gegenstande auf die Linse fallen, als unter einander parallel angesehen werden, obschon eigentlich jeder einzelne Punkt des leuchtenden Körpers immer nur divergirende Strahlen aussendet, so daß also „für parallel auffallende Strahlen, der Ort des Bildes immer in dem Brennpunkte der Linse ist."

Wenn aber der Gegenstand näher an die Linse rückt, so daß gegen seine Entfernung, die Größe der Linse nicht mehr als unbedeutend angesehen werden kann, so wird die Divergenz der auf die Linse fallenden Strahlen auch nicht mehr unmerklich seyn, man wird diese Strahlen nicht mehr als unter sich parallel annehmen können, und dann wird auch die Brechung derselben, bei ihrem Durchgange durch die Linse, eine andere seyn, als zuvor, d. h. das Bild des näher gerückten Gegenstandes wird, zwar noch in die Axe Aa der Linse, aber nicht mehr in den Brennpunkt derselben fallen, und überdieß auch nicht mehr dieselbe Größe haben, wie zuvor.

Es ist interessant zu sehen, welches, für jeden gegebenen Gegenstand, der Ort und die Größe seines Bildes seyn wird. — Diese Frage läßt sich aber auf folgende sehr einfache Weise beantworten.

Wir wollen zuerst die Dicke der Linse als unbedeutend übersehen, da sie in der That auf die Antwort, dir wir suchen, nur einen sehr geringen Einfluß hat, und bloß bemerken, daß von allen Strahlen, die von irgend einem Punkte eines nahen oder fernen Gegenstandes auf die Linse fallen, immer einer nicht gebrochen wird, nämlich derjenige, der durch den Mittelpunkt C der Linse durchgeht und daher der Hauptstrahl jenes Punktes heißt. Die Ursache, warum dieser Strahl von der Linse keine Brechung erleidet, sondern nach seinem Durchgange durch dieselbe seinen Weg in derselben Richtung fortsetzt, liegt offenbar in dem Umstande, daß die beiden Orte der Linse, wo der Hauptstrahl in sie tritt, und wo er sie wieder verläßt, in ihren Krümmungen einander parallel sind, und daß sie daher keine Abweichung des Strahls von seinem Wege hervorbringen können.

Es sey nun ACa die Axe und C der Mittelpunkt der Linse MN, und AB ein auf dieser Axe senkrecht stehender Gegenstand, dessen Größe AB und Entfernung AC von der Linse gegeben ist, und dessen Bild man sucht.

Wenn die auf die Linse auffallenden Strahlen alle unter sich, und mit der Axe Aa parallel wären, so würden sie, nach dem Vorhergehenden, nach ihrer Brechung sich alle in dem Brennpunkte der Linse vereinigen. Sey p dieser Brennpunkt, dessen Ort man also, durch das oben erwähnte einfache Experiment mit der Sonne, leicht finden kann.

Was nun den untersten Punkt A des Gegenstandes AB betrifft, der in der Axe der Linse liegt, so wird sein Bild, auf der anderen Seite der Linse, ebenfalls irgendwo in der Axe liegen müssen, weil der Hauptstrahl

Digitized by Google

AC desselben in der Axe liegt, also durch den Mittelpunkt der Linse geht, und daher gar nicht gebrochen wird.

Zieht man nun auch durch den höchsten Punkt B des Gegenstandes, und durch den Mittelpunkt C der Linse die gerade Linie BC, so wird diese Gerade den Hauptstrahl dieses obersten Punktes B vorstellen, und da sich überhaupt von jedem Punkte des Objekts alle von ihm ausgehenden Strahlen wieder in einem einzigen Punkte vereinigen sollen, so wird dieser Vereinigungspunkt der von B ausgehenden Strahlen, oder so wird das Bild des höchsten Punktes B irgendwo in dem Hauptstrahl BC oder dessen Verlängerung seyn müssen. Um daher den Punkt in der Linie BC zu finden, in welchem das Bild des Punktes B liegt, so wollen wir bemerken, daß von allen den Strahlen, die dieser Punkt B divergirend aussendet, auch ein mit der Axe AC parallel liegender Strahl seyn muß. Sey Bo dieser mit AC parallele Strahl. Da nun, nach dem Vorhergehenden, jeder mit der Axe parallel einfallende Strahl, nach seiner Brechung, durch den Brennpunkt p der Linse gehen muß, so wird op den mit AC parallelen Strahl des höchsten Punktes B, nach seiner Brechung vorstellen.

Demnach muß das gesuchte Bild des Punktes B sowohl in der Linie BC, als auch in der Linie op, also muß dieses Bild in dem gemeinschaftlichen Durchschnittspunkt b dieser beiden Linien BC und op seyn. Da nun, der Voraussetzung gemäß, der Gegenstand AB auf der Axe senkrecht steht, so wird auch das Bild ab auf derselben senkrecht stehen, und da man das Bild b des höchsten Punktes B schon kennt, so darf man nur von diesem Punkte b eine Senkrechte ba auf die Axe AC der Linse ziehen, um sofort die Größe ba als auch die gesuchte Entfernung Ca des Bildes von der Linse zu erhalten.

Man wird also, um das Vorhergehende kurz auszudrücken, durch irgend einen Punkt B des Gegenstandes zwei Gerade ziehen, von welchen die eine BC durch den Mittelpunkt der Linse, und die andere Bo mit der Axe der Linse parallel ist. Zieht man dann durch den Punkt o und durch den bekannten Brennpunkt p der Linse eine Gerade op, welche verlängert die vorige Gerade BCb in dem Punkte b schneidet, so ist b das gesuchte Bild des Punktes B.

Man muß sich nämlich, dem Vorhergehenden gemäß, vorstellen, daß alle von dem Punkte A auf die Linse fallende und dieselbe gleichsam bedeckende Strahlen, nach ihrer Brechung, sich sämmtlich in dem Punkte a vereinigen und da das Bild von A erzeugen. Und eben so werden auch alle die von dem höchsten Punkte B des Gegenstandes auffallende Strahlen nach ihrer Brechung sich in dem Punkte b vereinigen, um hier das Bild des Punktes B zu machen, und dasselbe gilt auch von allen den übrigen zwischen A und B liegenden Punkten, deren Bilder alle zwischen a und b in der auf die Axe senkrechten Linie ab liegen werden. In der Zeichnung ließen sich alle Strahlen eines jeden Punktes nicht ausdrücken, da es ihrer in der That für jeden Punkt unzählige gibt, sondern man hat von ihnen nur diejenigen angeführt, deren Lage zur Auffindung des Bildes nothwendig sind.

Mit Hülfe dieser Zeichnung wird man also für jede gegebene Größe und Entfernung des Gegenstandes die Größe und Entfernung des Bildes in allen Fällen bestimmen *). Nimmt z. B. die Entfernung AC

*) Noch genauer und allgemeiner läßt sich dieß durch die einfachsten Vorschriften der Algebra thun. Nennt man AC = a die Entfernung und

des Gegenstandes von der Linse zu, so nimmt die Größe ab sowohl, als auch die Entfernung aC des Bildes ab, und a rückt dem Brennpunkte p näher. Wird die Entfernung AC des Gegenstandes, wie bei der Sonne, unendlich groß, so fällt das Bild a in den Brennpunkt p, übereinstimmend mit dem Vorhergehenden, da jetzt die von dem Gegenstande auf die Linse fallenden Strahlen unter sich parallel sind. — Rückt umgekehrt der Gegenstand A näher an die Linse, so entfernt sich das Bild a von derselben und wird zugleich immer größer, und zwar so lange, bis der Gegenstand in die Entfernung Cp' gleich Cp kommt, oder bis er in der Entfernung der Brennweite steht, wo dann das Bild in einer unendlichen Entfernung auf der andern Seite der Linse steht, weil jetzt die aus p' auf die Linse fallenden Strahlen, nach ihrer Brechung, unter sich parallel werden. Ein sehr weit entfernter Gegenstand hat demnach sein Bild im Brennpunkte der Linse, und ein im Brennpunkte stehender Gegenstand hat sein Bild in einer unendlichen Entfernung, oder von einem in dem Brennpunkte p' stehenden Gegenstand werden alle Strahlen durch die Linse in einer unter sich parallelen Lage gebrochen. Uebrigens bemerkt man auch ohne meine Erinnerung, daß in allen den erwähnten Fällen das Bild des Gegenstandes immer verkehrt ist, indem das Bild b des höchsten Punktes des Gegenstandes am tiefsten unter der Axe ACa der Linse liegt.

§. 173. (Einrichtung der Fernröhre.) Nach dieser Erläuterung der Wirkung einer einfachen Linse wird es nun leicht seyn, die Einrichtung der Fernröhre zu übersehen. Die einfachsten dieser optischen Instrumente bestehen aus zwei Linsen, die an den beiden Enden einer Röhre so angebracht sind, daß ihre Axen sowohl, als auch ihre Brennpunkte zusammen fallen.

Sey Ee (Fig. 100) der Gegenstand in einer sehr großen Entfernung von der ersten größeren Linse MAN oder von dem Objektive, und bab' die kleinere Linse oder das Ocular. Sey EAa die gemeinschaftliche Axe der beiden Linsen, und in dieser Axe endlich F ihr gemeinschaftlicher Brennpunkt.

Schon aus dieser Stellung der beiden Linsen folgt, daß die von einem sehr weit entfernten Gegenstande Ee, also die mit der Axe parallel auf das Objektiv MN auffallenden Strahlen ihr Bild in dem Brennpunkte F dieses Objektivs haben werden. Da aber dieses Bild in F für die Ocularlinse bb' die Stelle des Gegenstandes vertritt, und da dieser Gegenstand F in dem Brennpunkte der Ocularlinse liegt, so werden (nach §. 172) die Lichtstrahlen nach der Brechung durch das Ocular bb', unter sich parallel in das Auge O des Beobachters treten, und dieß ist die erste wichtige Eigenschaft des Fernrohrs, da ein wohlgebautes Auge die Gegenstände nur dann deutlich sieht, wenn die von jedem Punkte desselben ausgehenden Strahlen unter sich parallel sind. Allein dieses

---

AB = b die Größe des Gegenstandes, so wie Ca = α die Entfernung und ab = β die Größe des Bildes und Cp = p die Brennweite der Linse, so hat man, wie man leicht findet, die beiden Gleichungen

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a} \text{ und } \beta = \frac{bp}{a-p}$$

und von diesen zwei Ausdrücken gibt die erste die Entfernung α, und die zweite die Größe β des Bildes.

Digitized by Google

Instrument gewährt noch andere, größere Vortheile, die wir sogleich näher kennen lernen werden.

Der in der Axe liegende Punkt E des hier als sehr entfernt angenommenen Gegenstandes wirft eine Anzahl mit der Axe Aa paralleler Strahlen auf das Objektiv MN, welche diese Linse gleichsam ganz bedecken, und welche sich, nach ihrer Brechung durch das Objektiv, in dem Brennpunkte desselben F vereinigen und daselbst das Bild jenes Punktes E entwerfen. Von F gehen dann diese Strahlen divergirend auf das Ocular bb', aus welchem sie nach ihrer zweiten Brechung unter sich parallel heraustreten. Da der Hauptstrahl EAFO dieses Punktes E die Mitte A und a der beiden Linsen, also ungebrochen, durchgeht, so ist Ea oder aO die Richtung aller dieser von E kommenden, nach der zweiten Brechung unter sich parallelen Strahlen.

Betrachten wir nun eben so auch den äußersten Punkt e des Gegenstandes Ee, oder den, der von der Axe am meisten entfernt ist. Dieser Punkt e schickt ebenfalls eine Anzahl unter sich paralleler, also auch, da Ee gegen die Entfernung EA sehr klein ist, mit der Axe Aa paralleler Strahlen auf das Objektiv, die ebenfalls das Objektiv gleichsam bedecken, und daher, nach ihrer Brechung durch das Objektiv, sich in irgend einem Punkte f vereinigen, welcher Punkt f daher das Bild von dem Punkte e seyn wird. Da aber der Hauptstrahl des Punktes e, nämlich der Strahl eA, ungebrochen durch die Mitte A des Objektivs hindurchgeht, so findet man den Punkt f, wenn man in dem Brennpunkte F des Objektivs ein Loth auf die Axe Aa errichtet, wo dann der Durchschnittspunkt dieses Lothes Ff mit jenem Hauptstrahle eAf den gesuchten Ort f des Bildes von e, und überhaupt das Loth Ff das Bild des Gegenstandes Ee geben wird. Dieses Bild Ff wird aber, wie man aus §. 172 sieht, im Allgemeinen desto kleiner seyn, je kleiner die Brennweite AF der ersten Linse MN gegen ihre Entfernung AE von dem Gegenstande ist. — Von diesem Vereinigungspunkte f aller von e kommenden Strahlen fallen dann diese Strahlen wieder divergirend auf das Ocular bb' und treten, da sie aus dem Brennpunkte f (oder da das ganze Bild Ff sehr klein ist) sehr nahe aus dem Brennpunkte F des Oculars kommen, nach ihrer Brechung durch dieses Ocular bb', unter sich parallel aus dem Oculare heraus. Um aber auch hier die gemeinschaftliche Richtung aller dieser parallelen Strahlen zu erfahren, ziehe man den Strahl fa, der, als Hauptstrahl des Punktes f, ungebrochen durch die Mitte a des Oculars gehen muß, und der daher die gesuchte Richtung aller der von f kommenden, nach ihrer Brechung unter sich parallelen Strahlen anzeigt.

Zieht man daher durch den äußersten Rand b des Oculars die gerade Linie bO parall mit fa, so wird der Punkt O der Axe der Ort des Auges seyn, in welchem dasselbe alle von dem Gegenstande Ee kommende Strahlen übersehen kann, so wie zugleich der Winkel aOb = Faf derjenige Winkel seyn wird, unter welchem das Auge des Beobachters in O, durch das Fernrohr, den Gegenstand Ee, oder eigentlich das Bild Ff desselben, sehen wird.

Ein unbewaffnetes, freies Auge in O aber würde den Gegenstand nur unter dem viel kleineren Winkel EOe (oder was hier, wegen der gegen AO sehr großen Entfernung EA dasselbe ist), unter dem Winkel EAe = FAf sehen, und in diesem Unterschiede der beiden Sehwinkel Faf und FAf besteht der zweite und wesentlichste Vortheil dieser Instrumente, indem man durch sie alle Gegenstände unter viel größeren Winkeln, also diese Gegenstände selbst viel größer sieht, als mit freien Augen.

Es ist leicht, den Grad dieser Vergrößerung genau anzugeben. Da

Digitized by Google

nämlich die beiden bei F rechtwinkligen Dreiecke FAf und Faf die Seite Ff gemeinschaftlich haben, so verhalten sich in ihnen die Winkel bei a und A, wie die Seiten FA und fa, oder man hat, wenn man durch m die Vergrößerung des Fernrohrs anzeigt,

$$m = \frac{AF}{aF}$$

das heißt, das Fernrohr vergrößert die Gegenstände so vielmal, als die Brennweite aF des Oculars in der Brennweite AF des Objektivs enthalten ist. Um daher recht stark vergrößernde Fernröhre zu erhalten, wird man ein Objektiv von recht großer Brennweite wählen und es mit einem Oculare von einer sehr kleinen Brennweite verbinden. Ist z. B. die Brennweite des Objektivs 10 Fuß oder 120 Zolle, und die des Oculars nur $^1/_{10}$ Zoll, so wird die Vergrößerung eines solchen Fernrohrs 1200 seyn, oder man wird damit alle Gegenstände unter einem 1200mal größeren Winkel sehen, als mit freien Augen.

§. 174. (Allmählige Verbesserungen der Fernröhre.) Das so eben beschriebene Fernrohr ist das einfachste seiner Art. Es zeigt, wie man schon aus der Zeichnung sieht, die Gegenstände, die man dadurch betrachtet, in einer verkehrten Lage, so daß die oberen Theile desselben unten, und die rechts stehenden links erscheinen. Diesen Uebelstand hat man aber für astronomische Beobachtungen mit Recht als geringfügig betrachtet, da die Gegenstände des Himmels beinahe alle eine runde Gestalt haben.

Diese verkehrte Lage des Bildes läßt sich aber beseitigen, wenn man nicht, wie bisher vorausgesetzt wurde, beide Linsen biconvex, oder auf beiden Seiten erhaben, sondern wenn man die Ocularlinse auf einer oder auch auf beiden Seiten hohl schleift, wie sich leicht durch eine einfache Zeichnung nachweisen ließe. Auf diese Weise sind noch unsere Theaterteleskope eingerichtet, und diese sind es auch, die von den oben erwähnten holländischen Künstlern zuerst erfunden worden sind, daherman sie auch holländische Fernröhre zu nennen pflegt, während das in §. 173 beschriebene mit zwei biconveren Linsen, nach seinem Erfinder, das Keplersche oder auch das astronomische Fernrohr heißt.

Ein größerer Nachtheil dieser astronomischen Fernröhre bestand darin, daß man damit nur einen sehr kleinen Theil des Himmels mit einem Blicke übersehen konnte, einen um so kleineren, je stärker die Vergrößerung des Instruments ist. Allein diesen Nachtheilen half man bald dadurch ab, daß man das Ocular verdoppelte, oder daß man dem in §. 173 beschriebenen Ocular bb' in einer geringen Entfernung von demselben noch eine convere Linse hinzufügte, wodurch das Feld des Fernrohrs sehr vergrößert wird.

Nicht so leicht war es, einem anderen, für den Gebrauch dieser Instrumente sehr wichtigen Fehler derselben zu begegnen. Es ist nämlich nicht ganz richtig, daß die von einem Punkte des Gegenstandes auf das Objektiv fallenden Strahlen, durch die Brechung dieses Objektives, wieder genau in einem einzigen Punkt vereinigt werden, wenn anders diese Objektivlinse, wie wir oben vorausgesetzt haben, von zwei Kugelflächen begränzt wird. Zwar läßt sich durch Rechnung die Gestalt finden, welche die Oberflächen dieser Linsen haben sollten, um alle parallel auf sie fallende Strahlen wieder in einen einzigen Punkt zu vereinigen. Aber unsere Künstler haben keine Mittel, jene Flächen mit der hier nöthigen Genauigkeit zu erzeugen, und sie sind gezwungen, bei der Kugelfläche zu bleiben, die sie allein mit Schärfe darzustellen im Stande sind.

Digitized by Google

Da nun bei solchen kugelförmigen Linsen die von einem Punkte des Gegenstandes kommenden Strahlen, wenn sie nahe bei dem Mittelpunkte der Linse einfallen, einen andern Vereinigungspunkt haben, als wenn sie näher bei dem Rande die Linse treffen, so entstehen eigentlich für jeden Gegenstand mehrere nahe an und über einander liegende Bilder, von welchen das Auge keines deutlich sehen kann. Dieser Fehler, den man die *sphärische Abweichung* nennt, war desto größer, je stärker die Vergrößerung, und je größer das Objektiv des Fernrohrs war. Aus dieser Ursache findet man die Objektive vieler älterer Fernröhre mit einem ihren Rand bedeckenden Ringe versehen, um das Objektiv dadurch gleichsam kleiner, und jenen Fehler unschädlicher zu machen. Allein diesen Vortheil, wenn er so genannt werden kann, erlangte man nur auf Kosten eines anderen noch wichtigeren. Es ist nämlich für sich klar, daß man die Gegenstände durch ein Fernrohr desto heller sehen wird, je mehr Licht von dem Gegenstande auf das Objekt fällt, d. h. je größer das Objektiv ist. Eine Verkleinerung dieses Objektivs wird also das Bild desselben dunkel und lichtschwach machen, und dieser Fehler wird desto mehr fühlbar werden, je stärker die Vergrößerung des Fernrohrs ist.

Dazu kam noch ein anderes Hinderniß, das anfangs ganz unübersteiglich schien. Es ist nämlich bekannt, daß jeder einzelne an sich weiße Lichtstrahl aus vielen anderen besteht, die sich durch eigene Farben unter einander kenntlich machen (II. §. 8). Diese einzelnen farbigen Strahlen haben aber die für die Verfertigung der Fernröhre sehr nachtheilige Eigenschaft, daß jeder derselben durch die Linse des Objektivs auf eine andere Weise gebrochen wird, so daß nun, statt einem einzigen deutlichen und weißen Bilde des Gegenstandes, eine Anzahl verschiedener farbiger Bilder desselben entsteht, die dem Deutlichsehen noch hinderlicher sind, als die so eben erwähnten, von der Kugelgestalt der Gläser bereits verdorbenen Strahlen. Diesen Fehler der Fernröhre nennt man die *Farbenabweichung*, und er schien so wesentlich mit der Natur der Sache zusammenzuhängen, daß selbst Newton an aller Hülfe verzweifelte, und von den Fernröhren dieser Art ganz abgehend, seine Zuflucht zu andern nahm, wo diese Glaslinsen durch Metallspiegel ersetzt wurden. Seitdem hat man diese Spiegelteleskope oder Reflectoren, wie man sie auch nennt, zu einer sehr großen Vollkommenheit gebracht, während die so sehnlich gewünschte Verbesserung der Refractoren, oder der Fernröhre mit Glaslinsen, durch jene Ansicht des großen Mannes, zu der er durch einen sonderbaren Fehlschluß verleitet worden war, lange Zeit aufgehalten wurde.

Leonhard Euler war der erste, der aus der Einrichtung des menschlichen Auges den Schluß zog, es müsse möglich seyn, jene beiden Fehler der Fernröhre, durch eine zweckmäßigere Einrichtung dieser Instrumente, aufzuheben, weil sie die Natur in unserem Auge in der That aufgehoben hat. Er schlug zu diesem Zwecke, nach der Analogie der inneren Einrichtung des Auges, zwei Glaslinsen vor, welche zwischen ihren inneren concaven Flächen verschiedene Flüssigkeiten enthalten sollten. Er stellte darüber nicht sowohl praktische Versuche, die hier vorzüglich erfordert wurden, sondern bloß theoretische Untersuchungen an. Im Jahre 1747 theilte er seine Berechnung eines solchen farbenlosen oder *achromatischen* Fernrohrs mit, wo er zu der in ihm enthaltenen Flüssigkeit Wasser gewählt hatte. Der größte Künstler seiner Zeit, John Dollond, suchte auch diesen Versuch praktisch anzuführen, aber da ihm seine ersten Bemühungen mißlangen, so gab er die Sache bald auf, um so mehr,

Digitized by Google

da er Newton's Ansicht, daß fehlerfreie Refractoren ganz unmöglich wären, auch zu der seinigen gemacht hatte.

Erst im Jahr 1754 zeigte Klingenstierna, ein ausgezeichneter schwedischer Geometer, daß Newton sich in seinem Schlusse geirrt habe, und dadurch aufgemuntert, nahm Dollond seine früheren Versuche wieder vor. Allein statt der Flüssigkeiten, die Euler vorgeschlagen hatte, wählte er zwei verschiedene Glasarten, die in England unter dem Namen des Kron- und Flint-Glases bekannt sind. Mehr durch eine Art dunklen Gefühls, als durch mathematische Schlüsse, deren Hülfe er nicht zu Rathe ziehen konnte, fand er endlich, daß sich der Zweck, ein fehlerfreies Objektiv zu erhalten, dadurch erreichen lasse, daß man dasselbe aus zwei nahe an einander gestellten Linsen, einer biconvexen von Kronglas und einer concaven von Flintglas zusammensetzte. So gelang es ihm nach vielen darüber angestellten Versuchen i. J. 1758, das erste achromatische Fernrohr von fünf Fuß Länge zu Stande zu bringen. Es wurde mit allgemeinem Beifall aufgenommen, da es in seinen Wirkungen die besten bisher bekannten Fernröhre von viel größerer Länge mit übertraf. Er verwendete die letzten drei Jahre seines Lebens zur Vervollkommnung seiner Entdeckung, die er noch sehr weit zu führen die gewisse Hoffnung hatte, und überließ sie endlich seinem Sohne Peter Dollond, der ihr in Verbindung mit Ramsden die Vollendung gab, die wir am Ende des verflossenen Jahrhunderts an diesen Instrumenten zu bewundern Gelegenheit hatten.

Euler im Gegentheile, der anfangs an die glücklichen Erfolge des englischen Künstlers kaum glauben konnte, da er die Brechbarkeit und Farbenzerstreuung jener zwei Glasarten für viel zu wenig verschieden hielt, um darauf so große Wirkungen zu gründen, suchte, als er die mechanische Ausführung der achromatischen Fernröhre nicht weiter bezweifeln konnte, nun auch von seiner Seite die Theorie dieser Instrumente zu fördern. Er machte die Resultate seiner Untersuchungen in den Memoiren der Akademie zu Berlin und Petersburg, und endlich in einem eigenen, größeren Werke, in seiner Dioptrik (Petersb. 1769), öffentlich bekannt. Seitdem haben wir von Clairaut, d'Alembert, Klügel u. a. mehrere treffliche Bearbeitungen dieses Gegenstandes erhalten.

In den neueren Zeiten haben sich unter den optischen Künstlern vorzüglich Fraunhofer in München und Plößl in Wien ausgezeichnet. Die größte Schwierigkeit, die sich der Verfertigung vollkommener Objektive von bedeutendem Umfange entgegensetzt, besteht in der Bereitung großer Stücke reinen, wellenfreien Glases, besonders des Flintglases, welches, wegen der dabei nothwendigen Beimischung von Blei, nur selten in ganz gleichförmigen homogenen Massen erhalten werden kann. Auch sind die Verhältnisse, mit welchen jene zwei Glasarten die Lichtstrahlen brechen, in der That sehr wenig von einander verschieden, da sie nur zwischen den engen Gränzen von $1^5/_{10}$ und $1^6/_{10}$ enthalten sind. Noch enger sind die Gränzen für die Farbenzerstreuungen dieser beiden Glasarten. Es ist aber keinem Zweifel unterworfen, daß andere Glasgattungen, welche, in diesen beiden Beziehungen, größere Verschiedenheit hätten, auch viel bessere Mittel zur Fertigung vollkommener Fernröhre darbieten würden, da auf diesen Verschiedenheiten die Aufhebung der beiden oben erwähnten Fehler vorzüglich beruht. Da das Blei in größerer Quantität sich nicht gut mit den übrigen Bestandtheilen des Glases zu einer homogenen Masse vermischt, so hat man verschiedene andere Beimischungen von Zink, Wismuth, Baryt u. s. w. zu diesem Zwecke vorgeschlagen. Unter der Voraussetzung einer solchen, von den bisheri-

Digitized by Google

gen in jenen zwei Beziehungen mehr verschiedenen Glasart hat man bereits i. J. 1827 theoretische Untersuchungen über die aus solchen Glasgattungen bestehenden Fernröhre angestellt, und gefunden *), daß bei ihnen die beiden Linsen, aus welchen das Objektiv besteht, nicht mehr nahe im Kontakt, sondern daß sie in beträchtlicher Entfernung von einander gestellt werden müssen, um ihre größte Wirkung zu äußern, so zwar, daß die zweite Linse bei günstigen Verhältnissen der Glasarten, nahe in die Mitte des ganzen Fernrohrs zu stehen kömmt. Wegen dieser Trennung der beiden Objektivlinsen hat man diese Fernröhre dialytische genannt. Der bereits erwähnte treffliche Optiker Plößl in Wien hat auch bereits mehrere derselben ausgeführt, die nach dem einstimmigen Urtheile der Kenner die bisherigen achromatischen Fernröhre von gleichen Dimensionen weit übertreffen. Da ihm, so wie überhaupt allen optischen Künstlern, jene neuen Glasarten noch fehlen, so hat er den Versuch gemacht, die zweite, innere Linse, die aus der neuen Glasart verfertiget werden sollte, durch eine eigens construirte Doppellinse von Kron- und Flintglas zu ersetzen, und obschon der Versuch sehr glücklich ausfiel, so würde doch, wie man nicht zweifeln kann, eine einfache Linse, und vielleicht am besten eine solche einfache, biconcave Linse, deren Glas die zu diesem Zwecke erforderlichen Eigenschaften im hohen Grade besäße, noch glänzendere Resultate geben. Die Vortheile, welche diese dialytischen Fernröhre gewähren, bestehen vorzüglich darin, daß die zweite oder die innere Linse bis auf ihre Hälfte und selbst darüber verkleinert wird, wodurch die Bereitung homogener Stücke dieses Glases sehr erleichtert, und der bisherige hohe Preis dieser Instrumente sehr vermindert wird; daß ferner die Länge der Fernröhre durch die neue Einrichtung bedeutend, selbst bis auf die Hälfte derselben, vermindert werden kann, wodurch nun auch Objektive von acht, zehn oder mehr Zollen im Durchmesser an unseren eigentlichen astronomischen Meßinstrumenten angebracht werden können, was bisher, wegen der zu großen Länge solcher Fernröhre, nicht gut ausgeführt werden konnte, und daß endlich dadurch diese neuen optischen Instrumente an Schärfe und Lichtstärke sehr gewinnen, weil die Lichtstrahlen, nach ihrem Durchgange durch die zweite Objektivlinse, sich unter viel größeren Winkeln als bisher zu dem Bilde vereinigen, und dadurch dem Bilde selbst mehr Präcision und eine schärfere Begränzung geben.

Auch die frühere Idee Eulers, statt der Gläser besondere Flüssigkeiten zu wählen, hat man in den neueren Zeiten auszuführen gesucht. Blair und Brewster i. J. 1813 in London, Girard 1822 in Wien, Barlow 1828 und nahe um dieselbe Zeit auch Rogers in Edinburg haben solche Versuche angestellt, die, nach den darüber erhaltenen Nachrichten, sehr glücklich ausgefallen sind. Zu diesen aplanatischen Fernröhren, wie man sie nennt, hat Brewster das ätherische Oel von Cassia und Sassafras, später aber vorzugsweise Schwefelalkohol (sulfuret of carbon) vorgeschlagen, welchen letzteren auch Barlow anwendet. Girard soll Terpentinöl, und Marx in Göttingen Kreosot zu den aplanatischen Objectiven gebraucht haben. In Barlow's erstem Fernrohre dieser Art hat das vordere Objectiv von Kronglas 6 Zoll Durchmesser und 4 Fuß Brennweite — die Flüssigkeitslinse steht von jenem 24 Zoll ab — und hat einen Durchmesser von bloß 3 Zoll. Ein späteres von demselben Künstler verfertigtes hat eine Oeff-

*) Zeitschrift Physik und Mathematik von Baumgartner. Wien. Band IV. S. 257, und neue Folge. Band III. S. 57.

Digitized by Google

nung der ersten Linse von $7^4/_5$ Zoll, in einer Entfernung von 40 Zoll von der zweiten. Dieses Fernrohr, das in seiner ganzen Länge 8.7 Fuß hat, soll so viel leisten als ein gutes achromatisches von 18 Fuß Länge. Beide, die dialytischen sowohl als die aplanatischen Fernröhre, die im Grunde auf demselben Princip, auf der Trennung der beiden Objectivlinsen beruhen, sind noch als in ihrer ersten Entstehung zu betrachten, und man darf der Hoffnung Raum geben, daß durch sie eine neue Epoche in der Geschichte unserer Fernröhre begründet werden wird.

§. 175. (Anwendung der Fernröhre bei den Meßinstrumenten.) Nur wenige Jahre nach der Erfindung der Fernröhre wurden dieselben, wie zu erwarten war, schon auf den Himmel angewendet. Der berühmte Galilei hatte, wie man sagt, auf eine unbestimmte Nachricht von dieser Erfindung, die Zusammensetzung des Fernrohrs errathen, und mit dem ersten von ihm verfertigten schon i. J. 1610 die Thäler und Berge des Mondes, die Satelliten Jupiters, die sonderbare Gestalt des Saturn, dessen Ring er aber noch nicht erkennen konnte, die Sonnenflecken und ihre Bewegungen, und die Phasen der Venus entdeckt. Die meisten dieser eben so unerwarteten als für ihn ruhmvollen Endeckungen machte er in seinem Werke: Nuntius sidereus, Venedig 1610, bekannt, wofür er von der Republik Venedig eine dreifache Erhöhung seines Gehaltes, und von Cosmus II. in Florenz ein Geschenk von tausend Dukaten erhielt. Nahe dreißig Jahre noch (er starb erst 1642 im 78sten Jahre seines Alters) genoß er die Freude, die Gränzen der Wissenschaft und unserer Kenntniß des Himmels zu erweitern, und der Gegenstand der Achtung und Verehrung aller Gebildeten Europa's zu seyn, bis er endlich, drei Jahre vor seinem Tode, in die Hände unwissender und schaamloser Verfolger fiel, unter deren unwürdiger Bedrückung er, ein blinder Greis, den Rest seines Lebens im Kerker vertrauerte.

Allein dieser Gebrauch der neu erfundenen Fernröhre war nicht der einzige, und selbst nicht der wichtigste, den die Astronomie von diesen Werkzeugen machte. Bisher hatten sie uns nur neue, und so lange unbekannte Gegenstände des Himmels vor die Augen geführt, oder sie hatten uns die Oberfläche der bisher nur im Allgemeinen bekannten, wie die des Mondes, der Venus u. s. näher kennen gelehrt. Aber unsere Messungen der Größen und der Lagen der Himmelskörper blieben immer noch nahe denselben Unvollkommenheiten unterworfen, über welche schon die alten Griechen und Araber sich zu beklagen hatten. So lange wir uns mit den Absehen begnügen mußten, wie sie bei den älteren Instrumenten (Fig. 93, 94, 95) angebracht waren, oder auch mit einem bloßen hohlen Rohre, an dessen einem, dem Ocular-Ende, eine kleine Oeffnung, und an dem anderen ein Kreuzfaden war, so lange konnte man, auch bei dem bestgetheilten Instrumente, nicht genauer beobachten oder messen, als man eben mit freien, unbewaffneten Augen zu sehen im Stande war. Sobald aber dieses hohle Rohr mit zwei Glaslinsen versehen, und in ein eigentliches Fernrohr verwandelt war, so durfte man nur das zu messende Gestirn in den Mittelpunkt dieses an dem Quadranten angebrachten Fernrohrs führen, und die Beobachtung desselben mußte offenbar desto genauer seyn, je stärker die Vergrößerung und die Deutlichkeit war, mit welcher das neue Instrument die Gegenstände zeigte.

Auf diese Weise bedienten sich auch die ersten Astronomen des Fernrohrs bei ihren Beobachtungen, durch welche sie z. B. die Höhe oder die Declination, oder mit einem Worte, die Lage der Gestirne am Himmel anzugeben suchten. Allein man sieht, daß auch hier noch manches zu wünschen übrig blieb. Zwar sah man jetzt diese Gestirne viel besser, und

Digitized by Google

konnte sie daher auch viel genauer beobachten; aber da man sie in dem Mittelpunkte des Feldes des Fernrohrs beobachten mußte, und da doch dieser Mittelpunkt durch nichts ausgezeichnet war, sondern gleichsam nur errathen oder geschätzt werden mußte, so waren Mißgriffe und selbst bedeutende Beobachtungsfehler nicht wohl zu vermeiden, besonders wenn das kreisrunde Feld der Fernröhre, wie dieß bei den früheren Instrumenten in der That der Fall war, einen größeren Umfang hatte. Aus dieser Ursache wollte auch einer der vorzüglichsten praktischen Astronomen jener Zeit, Hevelius in Danzig, diese neuen Instrumente bei seinen Beobachtungen gar nicht anwenden, und er ging, durch den Widerspruch der anderen gereizt, sogar so weit, daß er die Fernröhre als ganz unbrauchbar bei den Beobachtungen erklärte, weil sie, wie er sagte, den Ort der Gegenstände, die man durch dasselbe betrachtet, verschieben, so daß man sie durch das Fernrohr an einer ganz andern Stelle, als mit freien Augen sehen soll.

Ein Mittel, die Gestirne durch das Fernrohr genauer zu pointiren, als die bisherige, unbestimmte und unverläßliche Stellung desselben in den Mittelpunkt des Feldes — dieses Mittel also mußte noch gefunden werden, wenn anders das neue Instrument die eigentlichen astronomischen Beobachtungen in der That wesentlich fördern sollte. — Es muß auffallend erscheinen, daß dieses Mittel, das doch uns jetzt so nahe zu liegen scheint, so lange verborgen bleiben konnte.

Noch vor wenig Jahren war man der allgemeinen Meinung, daß Picard in Frankreich, einer der ausgezeichnetsten theoretischen und praktischen Astronomen, dieses Mittel zuerst gefunden habe. Auch kam er wohl ohne fremden Beistand auf diese Idee, die er, wie es scheint, schon seit dem Jahre 1667 bei seinen Beobachtungen angewendet hat. Allein schon über zwanzig Jahre früher, i. J. 1640, machte Gascoigne in England dieselbe Entdeckung, und ihm muß daher auch die Ehre derselben vorbehalten bleiben.

Wenn man nämlich einen Gegenstand, z. B. einen Faden in die Nähe des Brennpunktes F (Fig. 100) der beiden Linsen eines Fernrohrs bringt, so sieht man denselben durch das Ocular bb' desto reiner, und selbst wenn er weiß, z. B. ein Silberfaden ist, desto schwärzer, je näher er jenem Brennpunkte gebracht wird. Stellt man dann das Fernrohr so, daß irgend ein terrestrisches Object, z. B. die wohlbegränzte Ecke einer Mauer, den Faden eben berührt; bewegt man dann das Auge vor dem Oculare so weit als möglich, rechts und links oder auf und ab, und bleibt der Faden in allen diesen Lagen des Auges immer genau Tangente zum Objecte, so ist dieß eben das beste Zeichen, daß der Faden selbst im Brennpunkte des Fernrohrs, d. h. in demjenigen Orte desselben steht, wo von der vordern, größern Linse des Fernrohrs das kleine Miniaturbildchen des Objectes entworfen wird, von dem wir oben gesprochen haben. Was aber hier von dem terrestrischen Objecte gesagt ist, gilt auch von den Gestirnen. Hat man daher durch diesen Brennpunkt in einer auf die Axe EAO der beiden Linsen senkrechten Ebene zwei Fäden gespannt, die sich unter rechten Winkeln durchkreuzen, so wird man, eben durch den Durchschnittspunkt der beiden Fäden, einen festen und unveränderlichen Punkt des Feldes haben, mit welchem man die Lage der zu beobachtenden Sterne bequem und sicher vergleichen kann, indem man nämlich bei jeder Beobachtung, durch eine angemessene Bewegung des Fernrohrs den Stern nur immer in diesen Durchschnittspunkt der beiden Fäden zu bringen sucht. Man wird sich dabei leicht eine einfache Vorrichtung, z. B. einen im Innern des Fernrohrs angebrachten Ring den-

Digitized by Google

ken können, der diese Fäden trägt, während er selbst durch äußere kleine Schrauben nach allen Richtungen bewegt, und in jeder derselben festgehalten wird, wodurch daher die Fäden leicht in die erforderliche Lage gebracht werden können.

Diese einfache, aber folgenreiche Idee ist es, die der oben erwähnte Gascoigne zuerst gehabt und ausgeführt hat. (Phil. Transact. XXX. 603.) Aus den Briefen an seine Freunde Crabtree und Horrockes, die vom Jahre 1640 datirt sind, folgt, daß er schon damals ein mit solchen Fäden versehenes Fernrohr zu seinen Beobachtungen gebraucht, und daß er auch schon, um diese Fäden bei Nacht zu sehen, das Innere des Fernrohres beleuchtet habe. Horrockes, der schon vor seinem 25sten Jahre (i. J. 1641) starb, hatte selbst ein ausgezeichnetes astronomisches Talent, und bekannte bei mehreren Gelegenheiten seine Bewunderung der mannigfaltigen schönen Erfindungen, die Gascoigne in der Kunst zu beobachten gemacht hatte. Auch der Letzte wurde den Wissenschaften durch den Tod noch in der ersten Blüthe seines Alters entrissen. Er starb in seinem 23sten Jahre in der Schlacht von Marston Moor, die Cromwell den königlichen Truppen geliefert hat. Man hat diese Erfindung dem französischen Astronomen Morin vindiciren wollen, der in seiner Scientia longitudinum, Paris 1634 von der Anwendnng des Fernrohrs auf die Quadranten spricht, aber ohne im geringsten der Fäden im Brennpunkte des Rohrs zu erwähnen. Selbst die Sonnenbeobachtungen Picards vom Jahre 1667, die ersten, die in Frankreich an einem mit einem Fernrohre versehenen Quadranten gemacht worden sind, erwähnen dieser Fäden nicht ausdrücklich, wenigstens nicht in der Relation, die Lalande in seiner Astronomie (§. 2310) davon gegeben hat, wie denn auch Huygens in seinem Systema Saturnium, das erst 1659 heraus kam, von diesen Fäden, als von einer neuen Sache und von seiner eigenen Erfindung spricht, was er nicht hätte thun können, wenn er dieselben schon früher bei Picard, den er wohl kannte, und mit dem er früher in Paris längere Zeit durch gelebt hatte, gefunden hätte. Doch ist es möglich, und selbst nicht unwahrscheinlich, daß Huygens und Picard auf diese einem fleißigen und talentvollen Beobachter so nahe liegende Idee, jeder für sich und ohne fremde Hülfe, gekommen sind, um so mehr, da die frühere Entdeckung Gascoignes selbst in England so lange Zeit unbekannt geblieben ist.

Immer sieht man, daß, ohne dieses oder ein ähnliches gleich gutes Mittel, das Fernrohr auf den zu beobachtenden Gegenstand nicht mit Genauigkeit gerichtet oder pointirt werden kann, und daß, ohne dasselbe, jede Beobachtung nur eine beiläufige Schätzung nach dem Augenmaaße genannt werden darf. In der That ist es auch diese Einrichtung, in welcher die großen Vorzüge gesucht werden müssen, welche die neueren Beobachtungen vor denen der Alten so sehr auszeichnen, und ohne welche alle jene an sich so bewunderungswürdigen Verfeinerungen, mit welcher unsere gegenwärtigen astronomischen Instrumente in Beziehung auf ihre Construction und auf ihre Eintheilung ausgestattet sind, vergebens und ohne allen Erfolg geblieben wären. Denn diejenigen Fehler, welche aus jenen Schätzungen in dem bloßen Felde des Fernrohrs entstanden, waren viel größer als die, welche, auch zu jener Zeit, aus der fehlerhaften Eintheilung oder der unzweckmäßigen Einrichtung in dem Baue der Instrumente entspringen konnten. Mit Recht wird man daher behaupten, daß die neueren Beobachtungen ihre sie in so hohem Grade auszeichnende Genauigkeit vorzüglich dieser Entdeckung verdanken, und daß sie daher in der Geschichte der beobachtenden Astronomie eine neue und zwar eine sehr glänzende Epoche begründet.

Digitized by Google

Nach diesen vorausgeschickten Bemerkungen über das Fernrohr wird es nun leicht seyn, die Einrichtung und den Gebrauch der damit versehenen Instrumente zu übersehen.

§. 176. (Mittagsrohr.) Wir haben bereits oben erinnert, daß der Quadrant, selbst der Mauerquadrant, seiner Construction nach, nicht geeignet ist, die Zeit oder die Rectascension der Gestirne unmittelbar und mit der nöthigen Schärfe zu geben, vorzüglich aus dem Grunde, weil diese Instrumente nur selten oder gar nicht eine vollkommene Ebene, ohne Wellen und Biegungen, bilden, daher sie auch nie als genau in der Ebene des Meridians stehend angenommen werden können, wie dieß doch erfordert wird, wenn man an ihnen den Durchgang der Gestirne durch den Meridian beobachten soll.

Der berühmte dänische Astronom Olaus Römer ist der Erfinder desjenigen Instruments, welches zu jenem Zwecke noch heute mit Recht als das geeignetste angesehen wird. Er stellte dasselbe auf der von ihm in Kopenhagen erbauten Sternwarte auf, und die zahlreichen Beobachtungen, welche er an demselben anstellte, zeugten von der Zweckmäßigkeit des neuen Instruments. Dasselbe ist in Fig. 101 abgebildet, und allgemein unter dem Namen des Mittagsrohrs (Passageninstrument) bekannt.

Eine horizontale Axe AB von Metall liegt mit ihren beiden äußersten cylindrischen Enden A, B, um die sich diese Axe drehen läßt, in soliden Pfeilern P, Q von Stein, und durch die Mitte M dieser Drehungsaxe geht das Fernrohr CD in einer auf die Axe senkrechten Stellung. Wird daher die Rotationsaxe AB genau in den Horizont und in die Richtung von Ost nach West gebracht, so liegt das Fernrohr in der Richtung von Süd nach Nord, und geht, wenn es um die Axe AB gedreht wird, in der Ebene des Meridians auf und nieder, so daß man also nur die Durchgänge der hohen und niedern Sterne durch dieses Fernrohr an einer Uhr beobachten darf, um sofort auch die Uhrzeiten des Durchgangs dieser Sterne durch den Meridian, d. h. um die Uhrzeiten ihrer Culminationen zu erhalten.

Man sieht schon aus dem ersten Anblicke des Instruments, daß es, wenn es anders mit einiger Vorsicht gebaut und aufgestellt ist, eine viel größere Stetigkeit und Sicherheit gewährt, als man von einem Quadranten je erwarten kann.

Um das Fernrohr auf die schon sonst bekannte mittägige Höhe des Sterns, der eben durch den Meridian gehen soll, zu stellen, ist an dem einen Ende A der Drehungsaxe ein Halbkreis mon angebracht, der in einer auf diese Axe senkrechten Lage an dem Pfeiler P befestiget ist. Concentrisch mit ihm ist ein Zeiger oder eine Alhidade Ao, dem Fernrohre CD parallel, an dem Ende A der Axe angebracht. Diese an ihrem Ende o mit einem feinen Striche versehene Alhidade Ao bewegt sich also sammt dem Fernrohre um die Axe AB, und zeigt durch ihren Strich an dem Kreise mn die Höhe des zu beobachtenden Gestirns bloß in ganzen Minuten an, da dieß hinreicht, das Gestirn in das Feld des Fernrohrs zu bringen.

Die beiden Enden A und B der Axe liegen jede auf einer doppelten, starken Metallplatte auf, die in der Zeichnung durch Vierecke angezeigt sind. Der eine Theil jeder Platte ist an dem Pfeiler fest, und der andere, der eigentlich die Axen-Enden A und B trägt, läßt sich durch Schrauben an dem ersten hin und wieder bewegen, und zwar der eine bei A senkrecht auf und ab, und der andere bei B, horizontal vor- und rückwärts. Die letzte setzt uns demnach in den Stand, die Drehungsaxe genau in die Richtung von Ost nach West, d. h. das auf die Axe senkrechte Fern-

Digitized by Google

rohr genau in die Ebene des Meridians zu bringen, und die erste dient dazu, das eine Ende A der Axe so lange zu erhöhen oder zu erniedrigen, bis diese Axe AB selbst genau horizontal ist, was man mit Hülfe einer Wasserwage erkennt, die man, mit ihren Haken, an die beiden cylindrischen Enden A und B der Axe aufstellt oder anhängt.

Um für nächtliche Beobachtungen das Innere des Fernrohrs zu beleuchten, dient eine an der äußern Seite des Pfeilers angebrachte Lampe p, die ihr Licht durch den in der Richtung pB durchbohrten Pfeiler und durch die ebenfalls hohle Drehungsaxe BM auf einen kleinen Spiegel wirft, der im Innern des Fernrohr bei M unter einer gegen BM schiefen Stellung aufgestellt ist, so daß er das von der Lampe empfangene Licht gegen das Ocular C des Fernrohrs reflectirt.

§. 177. (Rectification der Fäden des Mittagsrohrs.) Ehe man mit diesem Instrumente Beobachtungen anstellt, muß es in allen seinen Theilen berichtiget oder rectificirt seyn. Wir wollen die wichtigsten dieser Operationen hier kurz anzeigen, da sich die meisten derselben auch auf die noch ferner anzuführenden Instrumente unverändert anwenden lassen.

Zuerst wollen wir bemerken, daß man durch den Brennpunkt des Fernrohrs einen auf die Axe der beiden Linsen (§. 172) senkrechten Faden in einer verticalen Richtung einspannt. Dieser Faden wird daher, wenn das ganze Instrument richtig steht, den Theil des Meridians vorstellen, nach welchem das Fernrohr gerichtet ist, und der Augenblick, in welchem ein Stern durch diesen Faden gehend gesehen wird, wird der gesuchte Augenblick der Culmination dieses Sterns seyn.

Um aber dem Faden die bezeichnete Stellung zu geben, in welcher er erstens senkrecht auf der Axe der beiden Linsen, zweitens genau durch den Brennpunkt, und drittens auf den Horizont vertical steht, wird man sich aus dem Vorhergehenden erinnern, daß dieser Faden im Innern des Fernrohrs an einem feinen metallenen Ringe angebracht ist, welcher Ring selbst wieder durch eigene Schrauben nach allen Richtungen bewegt werden kann. Da dieser Ring gewöhnlich schon von dem Künstler senkrecht auf die Linsenaxe gestellt wird, und da auch ein kleiner Fehler in dieser Stellung keine nachtheiligen Folgen hat, indem man doch immer nur in der Nähe der Mitte dieses Fadens beobachtet, so kann man in den meisten Fällen von den oben aufgezählten Forderungen die erste als schon erreicht betrachten.

Nicht so ist es mit der zweiten oder mit der Bedingung, daß der Faden auch genau durch den Brennpunkt des Rohrs geht. Diese Untersuchung theilt sich in zwei von einander wesentlich verschiedene. Es kann nämlich erstens der zur Linsenaxe senkrecht stehende Faden zwar durch diese Axe gehen, aber zu weit vor oder hinter dem Brennpunkte, d. h. zu nahe oder zu fern von dem Objective des Fernrohrs stehen. Oder er kann zweitens, obschon er in derselben Entfernung, wie der Brennpunkt selbst, von dem Objective ist, doch noch zur Seite dieses Brennpunktes, rechts oder links von ihm stehen. In beiden Fällen wird er nicht, wie doch gefordert wird, durch den Brennpunkt gehen.

Ehe aber der Beobachter an diese beiden Correctionen geht, wird er die Entfernung der beiden Linsen, seinem Auge gemäß, stellen. Aus den gemeinsten Erfahrungen an jedem Theaterperspective ist bekannt, daß der Kurzsichtige, wenn er durch ein solches Instrument gut sehen soll, dasselbe verkürzen, oder die beiden Linsen einander näher rücken muß, während der Weitsichtige sie von einander entfernt. Auch muß jeder von ihnen, wenn er gut sehen will, diese Distanz der Linsen etwas ändern, wenn er sehr nahe, oder wenn er sehr entfernte Gegenstände beobachtet. Dasselbe

Digitized by Google

gilt auch für die astronomischen Fernröhre. Da aber diese vorzugsweise für die himmlischen, d. h. für sehr weit entfernte Gegenstände bestimmt sind, so wird der Beobachter, ohne alle Rücksicht auf jenen Faden, sein Fernrohr zuerst auf ein Gestirn, z. B. auf den Mond richten, und sein Ocular so lange verstellen, bis er die Flecken desselben am deutlichsten sieht. Am besten zu diesem Zwecke wird man die Doppelsterne wählen, von welchen, in dieser Beziehung, schon oben (II. §. 221) gesprochen wurde. Wenn man nun, durch diese Verschiebung des Oculars, es dahin gebracht hat, daß man einen solchen Doppelstern ganz rein und deutlich sieht, so wird man vielleicht den Faden nur sehr schlecht, in der Form eines grauen, breiten Streifens erblicken, zum Zeichen, daß er entweder zu nahe an, oder zu ferne von dem Objective steht. Denn in der wahren Entfernung von dem Objective, d. h. wenn er durch den Brennpunkt desselben geht, erscheint er, wie schon oben gesagt, immer ganz rein, schwarz und scharf begränzt. In diesem Falle wird man also, mittels der dazu bestimmten Schraube, den den Faden tragenden Ring in der Richtung der Länge des Fernrohrs so lange verschieben oder seine Distanz von dem Objecte ändern, bis er dem Auge völlig rein und schwarz erscheint. Allein diese bloße Ansicht des Fadens ist wohl hinreichend, ihn dem Brennpunkte sehr nahe zu bringen, aber sie genügt nicht, um ihn mit der größten Schärfe genau durch diesen Brennpunkt selbst zu führen. Zu diesem letzten Zwecke wird man, nach jener ersten rohen Berichtigung des Fadens, das Fernrohr auf irgend ein weit entferntes, festes und wohl begränztes terrestrisches Object, z. B. auf die Ecke einer Thurmspitze richten, und den Faden mit dieser Ecke in genaue Berührung bringen. Dann bewegt man das Auge vor dem Ocular rechts und links so weit, als man nur eben noch durch das Fernrohr den Faden sehen kann, und sieht genau zu, ob in den beiden äußersten Lagen des Auges jene Berührung immer genau und unverändert statt hat. Tritt dieser Umstand zufällig ein, so wird man sich versichert halten, daß der Faden zwar nicht durch den Brennpunkt gebe, aber doch in einer durch diesen Brennpunkt auf die Linsenare senkrechten Ebene liegen muß. Wenn aber, während das Auge sich vor dem Ocular bewegt, der Faden auf dem terrestrischen Objecte nicht fest bleibt, sondern ebenfalls sich zu bewegen scheint, so ist dieß ein Zeichen, daß er noch nicht in der erwähnten Ebene, sondern daß er hinter oder vor dieser Ebene liegt. Welcher von diesen beiden Fällen aber in der That statt hat, wird man durch folgende einfache Vorschrift finden: „Wenn, bei jener Bewegung des Auges, Aug und Faden nach derselben Seite, z. B. beide rechts gehen, so steht der Faden zu nahe am Objectiv, und muß daher von ihm entfernt werden: geht aber Aug und Faden auf entgegengesetzte Seiten, z. B. jenes rechts und dieses links, so steht der Faden zu weit von dem Objective, und muß daher demselben genähert werden.“ — Eigentlich scheint es dem Beobachter, als ob nicht der Faden, sondern als ob der Gegenstand, z. B. die Thurmspitze um den festen Faden beweglich wäre, wenn er sein Auge in verschiedene Stellungen vor das Ocular bringt. Diesem Scheine gemäß kann man daher die vorhergehende Regel auch so stellen: „Wenn Aug und Bild des terrestrischen Gegenstandes auf verschiedene Seiten gehen, so ist der Faden zu nahe an dem Objective; wenn Aug und Bild auf dieselbe Seite gehen, so ist der Faden zu weit von dem Objective, und muß daher demselben so lange genähert werden, bis das Auge, während seiner eigenen Bewegung, keine Aenderung des Bildes mehr bemerkt.“ Dieses Verfahren ist übrigens für Weit- und Kurzsichtige dasselbe, denn wenn auf diese Art der Faden in seine wahre Lage gebracht worden ist,

Digitized by Google

so wird der Weitsichtige sowohl, als der Myops, nur das Ocular, seinem eigenen Auge gemäß, verändern, um sofort beide Gegenstände, den Faden sowohl, als das Gestirn zugleich am deutlichsten zu sehen.

Allein durch diese erste Berichtigung ist, wie gesagt, der Faden nur in die Ebene gebracht worden, die senkrecht auf die Linsenaxe durch den Brennpunkt geht, ohne daß er deßhalb auch selbst schon durch den Brennpunkt gehen muß, von dem er vielmehr, in jener Ebene, noch rechts oder links abstehen kann.

Wenn das äußere Rohr von Metall, welches die beiden Linsen umgibt, ein vollkommener Cylinder wäre, dessen Basis jene Linsen bilden, so dürfte man nur diesen Cylinder auf zwei Unterlagen so auflegen, daß die Mitte jenes Fadens irgend einen wohlbegränzten terrestrischen Gegenstand scharf schneidet, und dann den Cylinder um seine Axe drehen, und zusehen, ob dadurch dieser Durchschnitt des Gegenstandes durch den Faden sich nicht ändert.

Allein jene Röhre ist nicht vollkommen cylindrisch, und sie läßt sich auch, wie schon der erste Anblick des Instruments zeigt, nicht um ihre Axe drehen. Dafür läßt sich aber das ganze Instrument ABCD aus seinen Lagern bei A und B herausheben, und dann in verkehrter Lage wieder in diese Lage zurück bringen, so daß z. B. der Endpunkt A der Drehungsaxe, der früher östlich lag, jetzt auf das westliche Lager B zu liegen kömmt, und durch dieses Umlegen wird offenbar derselbe Zweck erreicht, als wenn man die cylindrische Röhre CD um ihre Axe, um die Hälfte der Peripherie eines Kreises gedreht hätte. Wenn daher die Mitte des Fadens vor und nach der Umlegung immer denselben Punkt des terrestrischen Gegenstandes trifft, so wird dieß ein Zeichen seyn, daß diese Mitte des Fadens mit dem Brennpunkte des Fernrohrs zusammenfällt. Ist dieß aber nicht der Fall, so wird man, nach der Umlegung, die Hälfte des bemerkten Fehlers durch diejenige Schraube verbessern, welche den oben erwähnten Fadenring in horizontaler Richtung hin und her bewegt, und die andere Hälfte, wenn man will, durch diejenige Schraube des Lagers B, welche das Ende der Drehungsaxe horizontal zu verschieben bestimmt ist. Da es nicht immer sicher ist, den beobachteten Fehler, besonders, wenn er noch etwas bedeutend ist, genau zu halbiren, so wird man das angezeigte Verfahren öfter wiederholen, wodurch jener Fehler offenbar immer kleiner, und endlich ganz unmerklich werden muß.

§. 178. (Rectification des Mittagsrohrs: Horizontalität der Drehungsaxe.) Das bisher Gesagte trifft nur, wie man sieht, die gehörige Stellung des Fadens in dem Fernrohre, und indem man denselben, durch die erwähnten Operationen, in dem Brennpunkt der beiden Linsen gelegt hat, hat man es zugleich dahin gebracht, daß das eigentliche Fernrohr, d. h. die Axe der beiden Linsen, die man auch die Collimationslinie zu nennen pflegt, auf der Rotationsaxe AB senkrecht steht, worin eine der Hauptbedingungen besteht, welche das Mittagsrohr erfüllen muß, wenn die damit angestellten Beobachtungen brauchbar seyn sollen, da nur dann diese Collimationslinie, wenn die Drehungsaxe horizontal ist, einen Verticalkreis beschreiben, sonst aber nur in einer gegen den Horizont schief gelegten Ebene sich bewegen wird.

Allein durch welche Mittel kann man diese Rotationsaxe in eine dem Horizonte parallele Lage bringen? — Das einfachste Mittel zu diesem Zwecke ist die Libelle, oder wie sie auch genannt wird, die Wasserwage. In der Höhlung der metallenen Röhre CDC'D' (Fig. 102) liegt eine gläserne mit Weingeist nicht völlig gefüllte, an ihrer obersten Seite kreisförmig gebogene Röhre. Man sieht in der Zeichnung diese

Digitized by Google

Glasröhre AB durch die oben aufgeschnittene Metallröhre. In der Mitte zwischen A und B ist der höchste Punkt des erwähnten kreisförmigen Bogens AB der Glasröhre, und dort wird also auch, wenn die Libelle genau horizontal gestellt wird, die Luftblase m stehen, die den mit Weingeist nicht erfüllten Theil der Glasröhre einnimmt, und die, da sie viel leichter als diese Flüssigkeit ist, ihrer Natur nach immer den höchsten Theil der Röhre oder des Kreisbogens AB einnehmen muß. Denkt man sich nun die Metallröhre entweder unten bei C' und D' mit zwei Fußgestellen, um sie dadurch z. B. auf einen Tisch zu stellen, oder oben bei C und D mit zwei Haken versehen, um sie dadurch an irgend eine Axe (z. B. an die Drehungsaxe AB Fig. 101 des Mittagsrohrs) zu hängen, so wird man mit Hülfe dieser Libelle in jenem Fall den Tisch und in diesem die Axe auf folgende Weise horizontal stellen, wenn man noch bemerkt, daß eines jener Fußgestelle oder einer jener Haken so eingerichtet ist, daß er sich mittels einer daran angebrachten Schraube etwas verlängern oder verkürzen läßt, und daß bei den sorgfältiger gearbeiteten Libellen der oberste Rand der Glasröhre in eine Anzahl gleicher mit Zahlen versehenen Theile getheilt ist, um dadurch den Ort der Blase genauer zu bestimmen.

Wenn die untersten Theile des Fußgestells oder auch, wenn die höchsten Theile, die eigentlichen Aufhängungspunkte der beiden Haken, von dem obersten Rande der Glasröhre schon genau gleich weit entfernt wären (in welchem Zustande man die Libelle bereits rectificirt nennt), so dürfte man sie nur auf den Tisch stellen oder an jene Axe hängen, und Tisch oder Axe auf der einen Seite desselben so lange erhöhen oder erniedrigen, bis die Luftblase m der Libelle genau in der Mitte der Glasröhre steht. Allein dieß ist selten der Fall, und gewöhnlich sind beide, Libelle und Tisch, oder Libelle und Axe, zugleich fehlerhaft. In diesem Falle wird man dann so verfahren:

Man hänge die Libelle CD (Fig. 102) an die Rotationsaxe AB (Fig. 101) so auf, daß C auf der Seite von A und D auf der Seite von B ist, und lese in diesem Stande der Libelle den Ort der Mitte der Luftblase. Gesetzt, diese Mitte stehe bei dem Theilstriche a der Glasröhre. — Dann hebe man die Libelle von der Axe ab, und hänge sie in verkehrter Richtung wieder an dieselbe, so daß jetzt der Theil C der Libelle nach B, und der Theil D nach A kömmt, und lese hier wieder den Ort der Mitte der Blase, der z. B. bei dem Theilstriche b stehen soll. Wenn a von b verschieden sind, so ist dieß ein Zeichen, daß die Rotationsaxe AB nicht horizontal steht, und daher verbessert werden muß. Die Größe dieser Verbesserung aber wird unmittelbar durch diese beiden Zahlen a und b angegeben. Man wird nämlich in dieser zweiten Lage der Libelle, die man nach dem erwähnten Umkehren derselben ruhig hängen läßt, den Endpunkt A oder B der Rotationsaxe so weit erhöhen oder erniedrigen, bis der Mittelpunkt der Luftblase genau in der Mitte zwischen jenen zwei Zahlen a und b steht. Hatte man z. B. in der ersten Stellung der Libelle die Zahl 8, und in der zweiten die Zahl 12 gelesen, so wird man bei dieser zweiten Stellung der Libelle den einen Endpunkt der Rotationsaxe so lange erhöhen, bis der Mittelpunkt der Luftblase bei dem Theilstriche 10 steht, und dann wird die Rotationsaxe horizontal seyn, weil dann die Libelle, in beiden Lagen derselben, immer dieselbe Zahl 10 zeigen wird. Dasselbe, was hier von der Rectifikation der Drehungsaxe gesagt ist, läßt sich auch auf die Horizontalstellung des Tisches anwenden, wenn man in ihm zwei auf einander senkrechte Linien zieht,

Digitized by Google

und jede dieser Linien, nach dem hier angezeigten Verfahren, horizontal stellt.

Dieses Verfahren ist zugleich das einfachste und sicherste, weil dabei die oben erwähnten Schrauben, welche den Fuß oder den Haken der Libelle verlängern oder verkürzen sollen, gar nicht weiter berührt werden. Diese Bewegung jener Schrauben soll nämlich, wo möglich, ganz vermieden werden, weil dadurch das Gleichgewicht der einzelnen Theile gestört, und eine Spannung in der metallenen Fassung erzeugt wird, die sich, bei den neuen und sehr empfindlichen Libellen, oft nur spät erst herstellt, und dem Beobachter durch langes Warten zu viele Zeit raubt.

Man sieht, daß man auf diese Weise eine Ebene oder eine Axe, selbst mittels einer nicht rectificirten Libelle, horizontal stellen kann. Wenn aber der Fehler der Libelle, den man bei dem vorhergehenden Verfahren nicht weiter zu kennen braucht, zu groß ist, so wird die gefundene Zahl, die das Mittel aus den beiden gelesenen Zahlen ist, auch zu weit von der Mitte m der Eintheilung entfernt seyn, wie dieß in unserem Beispiele bereits der Fall ist, wo das gefundene Mittel oder die Zahl 10 um volle 15 Theilstriche von der Mitte der Eintheilung, die bei der Zahl 25 ist, entfernt steht. Solche Fälle muß man aber vermeiden, weil die Krümmungen auch unserer besten Libellen, am Rande derselben, nur selten vollkommen kreisförmig sind, und weil am Ende jener Punkt so weit von der Mitte der Theilung wegrücken könnte, daß er unter die metallene Fassung AC der Röhre liegt, wo er gar nicht gesehen werden kann.

Sobald man also bemerkt, daß der Fehler der Libellen zu groß ist, so wird man ihn also folgende Weise verbessern können. — Man hänge sie mit ihren Haken an die Rotationsaxe. Ist dann die Luftblase nicht in der Mitte der Theilung, so ist entweder die Axe nicht horizontal, oder die Oberfläche der Libelle ist jener Axe nicht parallel, d. h. die Libelle ist nicht rectifizirt, oder endlich, was gewöhnlich der Fall seyn wird, beide, Axe und Libelle, sind fehlerhaft. Da man die Fehler eines jeden der beiden Instrumente nicht kennt, so ist es das natürlichste, anzunehmen, daß diese Fehler einander gleich seyn mögen. Man lasse daher den Mittelpunkt der Luftblase gegen den Mittelpunkt der Theilung halben Weges durch die Schraube A (Fig. 101) der Rotationsaxe und die andere Hälfte des Weges durch die obenerwähnte Correctionsschraube des Libellenbakens zurücklegen. Hat man durch beide Schrauben die Blase in die Mitte der Theilung gebracht, so kehre man die Libelle um, so daß ihr östlicher Arm jetzt auf die Westseite der Rotationsaxe komme. Ist in dieser neuen Lage die Blase nicht in der Mitte, so verbessere man wieder, wie zuvor, die eine Hälfte des Fehlers durch die eine, und die andere Hälfte durch die andere Schraube, und bringe sonach die Blase wieder in die Mitte der Theilung. Dann kehre man die Libelle wieder um, und wiederhole dieses Verfahren der halbgetheilten Correction so lange, bis die Luftblase der Libelle, in ihren beiden entgegengesetzten Lagen, immer in der Mitte der Theilung genau einspielt.

Durch dieses Verfahren wird, wie man sieht, die Drehungsaxe und die Libelle zugleich rectificirt. Es wird übrigens nie nothwendig seyn, dasselbe so weit fortzusetzen, bis der Mittelpunkt der Blase in beiden Lagen der Libelle genau auf den Mittelpunkt der Theilung fällt, da es, nach dem Vorhergehenden schon hinreicht, wenn beide Mittelpunkte nur einander nahe genug gebracht werden. Wenn z. B. die Blase in der ersten Lage der Libelle 20, und in der zweiten Lage 26 zeigt, so wird man, nach dem zuvor gezeigten Verfahren, bloß durch die Schraube

Digitized by Google

der Rotationsaxe die Blase auf die Mitte jener zwei Zahlen oder auf die Zahl 23 bringen, und dadurch versichert seyn, daß die so gestellte Rotationsaxe auch genau horizontal ist, obschon die Libelle selbst noch nicht rectificirt ist, da sie, nach unserer Zeichnung (Fig. 102) nicht 23, sondern 25 zeigen sollte. Will man daher auch diese Libelle noch rectificiren, so wird man nur, mittels ihrer Correctionsschraube, den einen Haken derselben so viel verlängern oder verkürzen, daß der Mittelpunkt der Blase um zwei Theilstriche, von 23 auf 25, fortgehe. Bemerken wir noch, daß es öfter nothwendig ist, den Werth eines jener gleichen Theilstriche in Secunden zu kennen. Zu diesem Zwecke wird man die Libelle an irgend ein Höhen messendes Instrument z. B. an einen Quadranten befestigen, und nun Instrument und Libelle so bewegen, daß z. B. der Mittelpunkt der Blase 30 Theilstriche der Libelle durchlauft, während das Instrument seine Höhe um 20 Secunden geändert hat, woraus folgt, daß ein Theilstrich der Libelle $^2/_3$ Secunden beträgt. Muß man also die Axe A des Mittagsrohrs, bei der Rectification derselben, z. B. um 12 Theilstriche der Libelle erheben, so weiß man, daß diese Erhebung 8 Secunden beträgt.

§. 179. (Rectification des Mittagsrohrs: Stellung im Meridian.) Wenn sonach die Drehungsaxe des Mittagsrohrs genau horizontal gestellt worden ist, so wird das Fernrohr [oder vielmehr die Collimationslinie desselben, die nach dem Vorhergehenden (§. 177) bereits senkrecht auf jener Rotationsaxe steht], wenn dasselbe um jene Axe gedreht wird, einen Verticalkreis beschreiben, oder es wird in einer auf den Horizont senkrechten Ebene auf und nieder gehen — aber noch nicht in der Ebene des Meridians, wie es doch von diesem Instrumente gefordert wird. Es wird zwar leicht seyn, dieses Fernrohr so zu stellen, daß es dem Meridian schon nahe stehe, wozu man sich z. B. der Culmination der Sonne oder irgend eines andern Gestirns, dessen Rectascension man kennt, bedienen kann, wenn man zuerst den Gang seiner Uhr durch correspondirende Höhen oder auf irgend eine andere Art (§. 167) bestimmt hat. Allein es handelt sich hier um eine ganz genaue Stellung des Mittagsrohrs, weil dasselbe seines soliden und einfachen Baues und seiner ganzen Bestimmung wegen die Zeit sowohl, als auch die zu beobachtenden Rectascensionen besser und vollkommener geben soll, als es durch irgend eines der andern, zu diesem Zwecke minder geeigneten Instrumente möglich ist.

Bemerken wir zuerst, daß man jetzt, wo die Collimationslinie des Fernrohrs bereits einen Vertikalkreis beschreibt, zugleich ein leichtes Mittel erhalten hat, den oben in dem Brennpunkte der beiden Linsen senkrecht auf die Axe derselben gespannten Faden, auch vollkommen vertical oder zu dem Horizonte senkrecht zu stellen: man darf nämlich jetzt nur diesen Faden, indem man das Fernrohr sanft auf- und abwärts bewegt, an irgend einem wohl begränzten terrestrischen Objecte auf- und niederlaufen lassen. Wenn bei dieser Bewegung des Fernrohrs der Faden nicht immer genau durch denselben Punkt des Objects geht, so wird man den oben erwähnten Fadenring mit einer eigens dazu bestimmten Schraube so lange, in seiner eigenen Ebene, um seinen Mittelpunkt drehen, bis er jener Forderung genügt, wo er dann vertical stehen wird. Gewöhnlich spannt man zu beiden Seiten dieses mittleren Fadens noch einen oder auch zwei mit jenem parallele und unter sich gleichweit entfernte Fäden auf, um die Beobachtungen der Durchgänge der Sterne zu vervielfältigen. Man kann ihren Parallelismus prüfen, wenn man nahe an dem Aequator liegende Sterne durch die oberen und durch die

Digitized by Google

unteren Endpunkte dieser Fäden durchgehen läßt, und zusieht, ob die Zeitintervalle für jedes Fädenpaar aus jenen beiden Beobachtungen genau dieselben sind. Dieß gibt zugleich ein einfaches Mittel, die Entfernung dieser Seitenfäden von dem mittleren oder von dem Hauptfaden zu bestimmen. Beträgt z. B. die Zeit, die ein Stern von bekannter Declination braucht, von einem dieser Nebenfäden zu den mittleren zu gelangen, 100 Sekunden Sternzeit, so wird man nur diese 100 Sekunden durch den Cosinus der Declination des Sterns multipliziren, um das gesuchte Intervall der beiden Fäden in Sternzeit zu erhalten. Ist z. B. diese Declination gleich 80 Graden, so hat man, da der Cosinus von 80 Graden gleich 0.1736 ist, 17.36 Sternzeitsekunden für das gesuchte Intervall der beiden Fäden, das daher im Raume oder in Bogensekunden ausgedrückt, 15mal größer oder gleich 260.4 Bogensekunden ist. Beobachtet man dann einen andern Stern, dessen Declination z. B. 40 Grad beträgt, wovon der Cosinus 0.7660 ist, an diesem Seitenfaden, so wird er jenes Intervall in einer Zeit durchlaufen, die gleich 17.36 dividirt durch den Cosinus seiner Declination, d. h. die gleich 22.663 Sternzeitsekunden ist, so daß man daher zu der Beobachtungszeit an diesem Seitenfaden nur 22.665 Sekunden addiren, oder wenn er westlicher steht, davon subtrahiren darf, um sofort die Zeit zu erhalten, wenn dieser Stern durch den mittleren oder durch den Hauptfaden gegangen ist. Noch wollen wir bemerken, daß man dieser Reihe von senkrechten, unter sich parallelen Fäden gewöhnlich noch einen anderen darauf senkrechten oder nahe horizontalen hinzufügt, der dazu dient, die zu beobachtenden Sterne alle nahe durch dieselben Punkte der andern verticalen Fäden, also in der Nähe dieses horizontalen, durchgehen zu lassen, wo es jetzt nicht mehr nöthig ist, die verticalen unter sich ganz genau parallel einzuspannen, was nur schwer oder gar nicht erreicht werden kann.

Um nun noch die Collimationslinie, d. h. den mittleren verticalen Faden des Mittagsrohrs ganz genau in die Ebene des Meridians zu bringen, wird man am besten einen dem Nordpole des Aequators nahen Stern in seiner obern sowohl, als auch in seiner unteren Culmination an dem Mittagsrohre beobachten. Geht die Uhr bereits sehr nahe nach Sternzeit, so beobachte man die Uhrzeit der zwei Augenblicke, wo z. B. der Polarstern in seiner oberen und unteren Culmination ist, und subtrahire die letzte Zeit von 12 Uhr. Die halbe Differenz der so erhaltenen zwei Zeiten dividirt man dann durch den Cosinus der Polhöhe und durch die Tangente der Declination des Sterns: was herauskommt, ist die gesuchte Abweichung des Rohrs von dem Meridian oder ist das gesuchte Azimut (Einl. §. 20). Um dieß durch ein Beispiel zu erläutern, nehmen wir an, man hätte für die obere Culmination des Polarsterns 0 Stunden 58 Minuten 20 Sekunden, und für die untere 12 Stunden 58 Minuten 50 Sekunden gefunden, so ist jene Differenz 30, also ihre Hälfte 15 Zeitsekunden. Die Declination des Polarsterns ist aber nahe 88° 10′ und die Polhöhe Wiens 48° 12′6. Von jenem Winkel ist die Tangente 31.2416 und von diesem der Cosinus 0.6664, also beträgt auch das Azimut des Fernrohrs 0.721 Zeitsekunden und zwar gegen Ost, da jene Differenz positiv ist. Man wird daher in diesem Falle das Fernrohr oder vielmehr die Drehungsaxe AB desselben mittelst der bereits erwähnten Schraube bei der Unterlage B dieser Axe, um 0.721 Zeitsekunden westlicher stellen, um die Collimationslinie in die Ebene des Meridians zu bringen. Die Beobachtungen der nächstfolgenden Tage werden zeigen, ob man diese Zurechtstellung des Fernrohrs ganz genau vorgenommen

Digitized by Google

hat. Dieß wird nämlich der Fall seyn, wenn die erwähnte Differenz der beiden Sternzeiten genau gleich Null ist.

Dieß sind die wesentlichsten Correctionen des Mittagrohrs, die man mit aller Sorgfalt vornehmen muß, ehe man an die eigentlichen Beobachtungen mit diesem Instrumente geht. Da es schwer ist, diese drei Fehler, der auf die Drehungsaxe senkrechten Stellung der Collimationslinie, der Horizontalität der Drehungsaxe und des Azimuts des Fernrohrs, durch bloße mechanische Mittel, wie Schrauben, Libellen und dergl. sind, völlig wegzubringen, und da sich auch diese Fehler durch äußere Einwirkungen auf das Instrument häufig ändern, so ziehen es die neueren Beobachter vor, diese Fehler durch jene Mittel überhaupt nur so klein als möglich zu machen, und dann den Rest derselben oder vielmehr die Folgen dieser Reste auf die künftigen Beobachtungen in Rechnung zu bringen, ein Verfahren, das viel genauer ist, als jenes, das sich aber hier ohne Umständlichkeit nicht gut vortragen läßt.

§. 180. (Andere Correctionen des Mittagsrohrs.) Allein es gibt bei diesem Instrumente noch andere Fehler, auf die ein genauer Beobachter ebenfalls Rücksicht nehmen soll. Man sieht z. B. ohne meine Erinnerung, daß der Künstler, welcher solche Instrumente verfertigt, die Endpunkte A und B der Drehungsaxe, mit welchen diese Axe eigentlich auf ihren Lagern aufliegt, mit der größten Sorgfalt ausarbeiten muß. Diese Endtheile der Axe sind Cylinder mit kreisförmiger Basis. Wenn nun diese Basis bei dem einen oder dem anderen Endpunkte der Axe kein vollkommener Kreis, sondern z. B. eine Ellipse wäre, oder wenn sie auch beide Kreise, aber von verschiedenem Durchmesser wären, oder wenn beide Cylinder einander nicht genau gegenüberstünden u. s. w., so würden diese Unvollkommenheiten der mechanischen Ausführung, die doch der Künstler nicht wohl gänzlich vermeiden kann, eben so viele Fehlerquellen seyn, auf welche der Beobachter, da er sie nicht, wie jene drei, wegschaffen oder doch so viel möglich vermindern kann, bei den Berechnungen seiner Beobachtungen Rücksicht nehmen muß. Schwerer noch ist es, diejenigen Fehler zu bestimmen, die von der Wirkung der Schwere auf das Fernrohr in den verschiedenen Lagen desselben gegen den Horizont kommen, so wie jene, welche die Temperatur in den verschiedenen Theilen des Instrumentes erzeugt. Um diese letzten Fehler wenigstens so viel möglich zu vermeiden, hat man eigene Beschirmungen, welche bei den Sonnenbeobachtungen nicht nur das Instrument, sondern auch die beiden Pfeiler P und Q in Schatten stellen, so daß nur das Objectiv D des Fernrohrs den Sonnenstrahlen bloß gegeben wird. Man hat gefunden, daß der Mangel dieser Beschirmung des Instruments oft sehr große Fehler erzeugt. Selbst der oben erwähnte Ring im Innern des Fernrohrs, welcher die Fäden trägt, ist einer solchen Verstellung durch die Sonnenstrahlen ausgesetzt, wenn dieselben vor der Beobachtung den westlichen, und nach derselben den östlichen Rand des Ringes bescheinen, daher man vor diesen Ring einen zweiten anzubringen pflegt, welcher den ersten vor der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenstrahlen beschützen soll.

Noch muß erwähnt werden, daß man für diese, so wie überhaupt für alle in dem Meridian aufgestellte Instrumente, in angemessenen Entfernungen von z. B. einer Viertelmeile im Nord und Süd eigene Meridianzeichen aufzustellen pflegt, Säulen oder Pfeiler, die in ihren höchsten Theilen mit einer eingetheilten Scale versehen sind, deren Theile sich durch das Fernrohr gut lesen lassen, und durch deren Hülfe man nicht nur die Richtung des Meridians sehr genau bestimmen, sondern

Digitized by Google

auch das Fernrohr leicht wieder darauf zurückführen kann, wenn es sich durch irgend einen Zufall davon entfernt hat.

§. 181. (Beobachtungen mit dem Mittagsrohre.) Durch alle diese und manche andere Rücksichten ist man dahin gekommen, mit solchen Instrumenten die Correction der Uhr, d. h. die Zeitbestimmung sowohl, als auch die Bestimmung der Rectascension der Gestirne bis auf zwei oder drei Zehntheile einer Zeitsekunde genau zu erhalten.

Wir wollen nur noch kurz anzeigen, auf welche Weise man mit dem Mittagsrohre jene beiden Beobachtungen anzustellen pflegt, vorausgesetzt, daß man die Fehler desselben durch das vorhergehende Verfahren bereits weggebracht hat.

Zuerst also dient dieses Instrument zur Bestimmung der Zeit, d. h. zur Berichtigung der Uhr, die man bei allen folgenden Beobachtungen braucht. Es ist bereits früher (I. §. 161) gesagt worden, daß man auf Sternwarten die Uhren gewöhnlich nach Sternzeit gehen läßt, so daß sie zwischen zwei nächsten Mittagen oder zwischen zwei nächsten Culminationen der Sonne, nicht 24 Stunden, sondern nahe 24 Stunden 3 Minuten 56 Sekunden geben, wobei vorausgesetzt wird, daß eine solche Uhr vor allem gleichförmig gehe, d. h. daß sie im Laufe mehrerer Tage gegen die richtige Sternzeit täglich oder stündlich um dieselbe Größe zu- oder abnehme.

Um nun für jeden Augenblick diese Abweichung der Uhr von der wahren Sternzeit zu finden, wird man das Mittagsrohr, mittelst des Index Ao des Kreises mn nahe auf die mittägige Höhe eines Fixsternes stellen, dessen Rectascension für diesen Augenblick man genau kennt. Es sey dieser Stern Aldebaran oder α im Stier, dessen Rectascension 4 Stunden 26 Minuten 25.3 Sekunden seyn soll. Da der Gang der Uhr, etwa bis auf eine Minute, schon aus den früheren Beobachtungen bekannt ist, so wird man einige Zeit, ehe die Uhr 4 Stunden 26 Minuten zeigt, an das Instrument gehen, um dasselbe auf den gewählten Fixstern zu stellen, und dann abwarten, bis der Stern in das Feld des Fernrohrs tritt. Gesetzt, dasselbe sey mit drei senkrechten Fäden versehen, die in gleichen Entfernungen von einander stehen, und man habe die Uhrzeiten des Durchgangs des Sterns durch diese Fäden gefunden, wie folgt:

Durch den ersten Faden Uhrzeit	4 St.	26 M.	54.2 S.
zweiten . . .	4	27	39.3
dritten . . .	4	28	23.8

Addirt man diese drei Zeiten und dividirt die so erhaltene Summe durch 3, d. h. nimmt man das Mittel aus diesen drei Beobachtungen, so erhält man

4 St. 27 M. 39 S.

für die Uhrzeit desjenigen Augenblicks, wo der Stern durch den Meridian ging. Allein die wahre Sternzeit dieses Augenblicks ist bekanntlich (I. §. 161) gleich der Rectascension desselben oder gleich

4 St. 26 M. 25.3 S.

Die Differenz dieser beiden Zeiten ist 1 Minute 13.8 Sekunden, also geht auch die Uhr um die Zeit, wo sie 4 Stunden 28 Minuten zeigte, um 1 Minute 13.8 Sekunden gegen Sternzeit voraus, oder sie geht um 1 Minute 13.8 Sekunden zu früh.

Ebenso wird man an demselben Tage durch eine andere Beobachtung, z. B. von Wega oder α der Leyer, deren Rectascension 18 Stunden 31 Minuten 19.2 Sekunden ist, finden, daß die Uhr um diese Uhrzeit um 1 Minute 14.2 Sekunden gegen Sternzeit voraus ist, woraus folgt, daß

Digitized by Google

sie in 14 Stunden 5 Minuten Uhrzeit um 0.4 Sekunden gegen Sternzeit vorausgeht, so daß sie also, wenn man ihren Gang gleichförmig annimmt, in jeder Stunde um 0.028 Sekunden gegen Sternzeit vorauseilt. Aus mehreren solchen Beobachtungen wird man das Mittel nehmen, und so den Stand und Gang der Uhr gegen die große Himmelsuhr oder gegen die wahre Sternzeit mit aller nur wünschenswerthen Schärfe bestimmen können.

Um nun auch, nachdem der Zustand der Uhr vollkommen bekannt ist, die Rectascensionen solcher Gestirne, deren Ort am Himmel man noch nicht kennt, durch das Mittagsrohr zu bestimmen, wird man kurz vor der Culmination desselben das Fernrohr auf dieses Gestirn stellen, und wieder die Uhrzeiten der Durchgänge desselben durch die drei Fäden bemerken. Gesetzt, man habe an demselben Tage von irgend einem Kometen beobachtet

am ersten Faden die Uhrzeit	10 St.	43 M.	16.2 S.
zweiten	10	44	20.4
dritten	10	45	24.3

Das Mittel dieser drei Zahlen ist 10 Stunden 44 Minuten 20.3 Sekunden, und dieß ist also auch zugleich die Uhrzeit der Culmination des Kometen. Allein die Uhr ging um 4 Stunden 27 Minuten Uhrzeit bereits um 1 Minute 13.8 Sekunden gegen Sternzeit voraus und accelerirt in jeder Stunde um 0.028 Sekunden, also ging sie zur Zeit der Beobachtung des Kometen um 1 Minute 13.98 Sekunden gegen Sternzeit voraus, oder der Komet culminirte, wie aus dieser Beobachtung und aus dem bereits bekannten Fehler der Uhr folgt, um 10 Stunden 43 Minuten 6.32 Sekunden Sternzeit, und dieß ist daher auch (I. §. 161) die gesuchte Rectascension des Kometen.

Das Vorhergehende wird hinreichen, die Einrichtung und den Gebrauch des Mittagsrohrs jedem Leser deutlich zu machen. Ich habe mich absichtlich etwas umständlicher darüber verbreitet, da das Instrument eines der wichtigsten der neueren Astronomie ist, und da das, was hier von ihm gesagt worden ist, sich mit einigen Aenderungen auch auf andere Meridianinstrumente anwenden läßt.

§. 182. (Zeitbestimmung bloß durch Hülfe eines einfachen Fernrohrs.) Da eine genauere Kenntniß der Zeit nicht bloß dem Astronomen nothwendig, sondern auch jedem Anderen willkommen ist, dessen Geschäfte auf irgend eine Art genau an die Zeit gebunden sind, so wollen wir hier einige Mittel zu diesem Zwecke mittheilen, von welchen man mehrere selbst ohne alle eigentliche Instrumente anwenden kann.

Das einfachste unter allen ist ohne Zweifel der Gnomon, von welchem wir schon oben (I. §. 49) gesprochen haben, und der in einem geradlinigen, auf horizontalem Boden senkrecht aufgestellten Stabe besteht. Diese Lage des Stabes oder der Stange wird man leicht mittelst eines Bleilothes erhalten. Wird ein solcher Stab den Sonnenstrahlen ausgesetzt, so bemerkt man, daß der Schatten desselben auf der horizontalen Ebene um den Stab herumgeht, und daß er immer kürzer wird, je näher die Sonne an dem Meridian, oder je näher die Zeit dem Mittage ist. In gleichen Entfernungen von dem Mittage, z. B. drei oder vier Stunden vor und nach dem Mittage eines gegebenen Tages, hat dieser Schatten gleiche Länge und steht auch, zu beiden Seiten des Meridians, gleichweit von ihm ab, so daß also dieser Schatten vor und nach dem Mittage mit der Mittagslinie (Einl. §. 15) gleiche Winkel macht.

Diese wenigen Bemerkungen reichen hin, eine Sonnenuhr der ein-

Digitized by Google

sachsten Art zu construiren. Man ziehe nämlich aus dem Fußpunkte der Stange, wo sie den Boden berührt, als aus einem Mittelpunkte, mittelst einer daselbst befestigten Schnur mehrere concentrische Kreise von verschiedenen Halbmessern und bemerke in der Peripherie eines jeden Kreises diejenigen zwei Punkte, die vor und nach dem Mittag von dem Endpunkte des Schattens getroffen werden. Theilt man dann in jedem Kreise den zwischen diesen beiden Punkten enthaltenen Bogen in zwei gleiche Theile und vereiniget diesen Theilungspunkt mit dem Fußpunkte der Stange durch einen auf dem horizontalen Boden gezogene gerade Linie, so wird dieselbe die Mittagslinie seyn, und so oft in künftigen Tagen der Schatten der verticalen Stange auf diese Mittagslinie fällt, wird dieser Augenblick den des wahren Mittags an diesem Tage bezeichnen. Eigentlich wird, wie man sieht, schon ein einziger jener Kreise zu diesem Zwecke genügen, auch sind die anderen nur gezogen worden, um dadurch den Versuch wiederholen, und sich von der Genauigkeit der Ausführung überzeugen zu können. Die verschiedenen Mittagslinien, die jeder dieser Kreise gibt, sollen nämlich alle auf eine und dieselbe Linie fallen, und wenn, wie dieß gewöhnlich der Fall ist, da sich das Schattenende der Stange nicht ganz genau beobachten läßt, wenn diese Mittagslinien unter einander etwas abweichen sollten, so wird man unter ihnen das Mittel nehmen. Am sichersten wird man diese Beobachtungen zur Zeit der Solstitien (Einl. §. 22) anstellen, weil da die Declination der Sonne sich am wenigsten ändert.

Dadurch sind wir also in den Stand gesetzt, jeden Tag wenigstens den Augenblick des wahren Mittags genau anzugeben. Allein die anderen Stunden des Tages sind uns noch unbekannt. Wir wollen daher sehen, wie man auch zur Kenntniß dieser letzteren gelangen kann.

Ich setze dabei voraus, daß man eine gute, d. h. eine gleichförmig gehende Uhr habe. Eine solche Uhr mag immerhin täglich um eine beträchtliche Zeit, z. B. um eine ganze Minute, vor der wahren Zeit vorausgehen, oder hinter ihr zurückbleiben, wenn sie nur im Laufe eines jeden Tages um dieselbe Größe von der Wahrheit abweicht. Unsere vorhergehenden einfachen Beobachtungen an der verticalen Stange werden uns bald von der Brauchbarkeit der Uhr überzeugen, wenn man an dieser Stange mehrere Tage nach einander den Augenblick des wahren Mittags an der Uhr beobachtet und dabei auf die Zeitgleichung (I. §. 158) Rücksicht nimmt.

Gesetzt, man hätte folgende Uhrzeiten des wahren Mittags gefunden, denen ich sogleich die mittlere Zeit dieser Mittage hinzusetze:

	Uhrzeit.	Mittlere Zeit.	Differenz.
am 5. Jul.	12 St. 2 M. 24 S.	12 St. 4 M. 6 S.	1 M. 42 S.
7.	12 1 35	12 4 25	2 50
10.	12 0 24	12 4 54	4 30
20.	11 55 41	12 5 54	10 13

Aus diesen Beobachtungen folgt daher, daß die Uhr am 5. Julius im wahren Mittag gegen die mittlere Zeit um 1 Minute 42 Sekunden, und am 20. Julius schon um 10 Minuten 13 Sekunden zu spät ging. Diese Uhr scheint also, wie man gewöhnlich urtheilen hört, schlecht zu gehen, da sie in 15 Tagen um volle 8 Minuten 31 Sekunden zu spät geht, also in einem Monate von 30 Tagen um 17 Minuten 2 Sekunden oder mehr als eine Viertelstunde zu spät gehen wird. Allein wenn man den Gang dieser Uhr zwischen den einzelnen Beobachtungstagen näher betrachtet, so findet man, daß sie im Gegentheile eine gute Uhr ist.

Digitized by Google

In der That, während der beiden ersten Tage blieb sie um 1 Minute 8 Sekunden, also täglich um 34 Sekunden zurück. In den drei Tagen vom 7. bis zum 10. Julius blieb sie 1 Minute 40 Sekunden, also täglich wieder 33.3 Sekunden zurück. In den zehn letzten Tagen endlich, vom 10. bis zum 20. Julius blieb sie 5 Minuten 43 Sekunden, also täglich 34.3 Sekunden zurück. Ihre tägliche Retardation gegen mittlere Zeit ist daher

aus der ersten Vergleichung 34.0 Sekunden
zweiten „ 33.3 „
dritten „ 34.3 „

und da die drei letzten Zahlen so wenig unter einander verschieden sind, so kann man den Gang der Uhr während dieser 15 Tage als gleichförmig, nämlich ihre tägliche Retardation im Mittel gleich 33.87 Sekunden annehmen.

Eine solche Uhr vorausgesetzt, beobachte man nun an einem vor seinem Fenster stehenden Thurme oder höheren Hause, mittelst eines Fernrohres von nur schwacher Vergrößerung, die vorüberziehenden Fixsterne, wie sie nach einander von der Mauer bedeckt werden und hinter ihr verschwinden. Wenn diese Mauer weit genug, etwa einige hundert Klafter, von dem Auge des Beobachters entfernt ist, so haben diese Verschwindungen der Sterne augenblicklich statt und können daher mit vieler Schärfe beobachtet werden. Wenn ferner der Theil der Mauer, an welchem man diese Verschwindungen sieht, senkrecht auf dem Horizonte steht, wie dieses bei den meisten Mauern der Fall ist, so wird ein Fixstern, dessen Declination ungeändert bleibt, alle Tage des Jahres um dieselbe Sternzeit hinter der Mauer zu verschwinden scheinen, wenn anders das Auge des Beobachters immer dieselbe Lage beibehält. Denn eigentlich geht der Stern im Augenblicke seiner Verschwindung durch den Verticalkreis (Einl. §. 10), der durch das Auge und durch die senkrechte Mauer des Thurmes bestimmt wird, oder der Stern hat in diesem Augenblicke dasselbe Azimut (Einl. §. 20), welches auch der Thurm für den Beobachter hat. Allein wenn für einen am Himmel fixen Stern S' (l. Fig. 2) das Azimut RZS' nicht geändert wird, so bleibt auch sein Stundenwinkel RNS' und also auch die Sternzeit VQ seines Durchgangs durch den Verticalkreis ZS' immer derselbe, da nach Einl. §. 28 diese Sternzeit nichts anders ist, als die Summe seines Stundenwinkels QVQ' oder QQ' und seiner Rectascension Q'V. Derselbe Stern wird daher alle Tage um dieselbe Sternzeit verschwinden, und man darf diese Sternzeit nur einmal genau bestimmen, um durch die beobachtete Verschwindung des Sterns auch für jeden anderen Tag sofort den Fehler seiner Uhr gegen Sternzeit bestimmen zu können.

Dabei wird, wie gesagt, bloß vorausgesetzt, daß das Auge des Beobachters immer denselben Ort unverändert beibehalte. Allein dieser Forderung wird man sehr leicht genügen, wenn man z. B. an seinem Fensterstocke einen größeren festen Nagel schief gegen den Horizont so einschlägt, daß das Fernrohr, während der Beobachtung, in den Winkel, welchen der Nagel mit den Fensterbalken bildet, frei herabsinkt. In dieser Lage richtet man dann das Fernrohr auf den Thurm so, daß das Auge die bekannte Stelle des Thurms, wo der Eintritt des Sterns statt haben soll, in der Mitte des Feldes erblickt.

Man sieht ohne meine Erinnerung, daß es zu solchen Beobachtungen am bequemsten ist, seine Uhr nach Sternzeit gehen zu lassen, wie dieß auch auf allen Sternwarten bereits eingeführt ist (Vergl. I. §. 161). Allein da wir nun einmal daran gewöhnt sind, unsere Uhren nach mitt-

Digitized by Google

lerer Sonnenzeit gehen zu lassen, so können wir auch hier diese Einrichtung beibehalten, wenn wir nur bemerken, daß (a. a. O.) die mittlere Zeit der Verschwindung des Sterns hinter dem Thurme jeden Tag um 3 Minuten 55.907 Sekunden früher statt hat, als an dem vorhergehenden Tage. Auch mag man bemerken, daß der gewählte Stern, der am ersten Tage zu einer für diese Beobachtungen bequemen und geschickten Abendstunde verschwindet, immer früher am Tage zu dem Thurme kommen und daher am Ende durch das vielleicht nur schwache Fernrohr ganz unsichtbar werden wird. Diese Acceleration, die, nach dem Gesagten, täglich 3 Minuten 55.907 Sekunden beträgt, wird nach einem Monate nahe auf zwei, und nach einem halben Jahre auf zwölf Stunden steigen. Allein diesem Umstande läßt sich leicht begegnen, wenn man gleich die ersten Nächte nicht bloß einen, sondern mehrere Sterne beobachtet, deren Verschwindungen eine oder eine halbe Stunde von einander entfernt sind. Wenn dann später auch die letzten dieser Sterne schon zu nahe an dem Tage fallen, so kann man mit ihnen wieder andere auf dieselbe Weise verbinden und in einem Jahre z. B. 50 Sterne beobachten, so daß in jeder halben Stunde des Tages im ganzen Jahre wenigstens einer derselben beobachtet werden kann.

Diese Methode ist so einfach, daß es kaum nöthig seyn wird, sie durch ein Beispiel zu erläutern. Gesetzt, man habe an irgend einem Tage durch den oben erwähnten Gnomon oder sonst auf irgend eine Weise gefunden, daß die Uhr um 2 Minuten 40 Sekunden gegen mittlere Zeit zu spät gehe. An demselben beobachtete man auf die eben angezeigte Art die Verschwindung eines Sterns, die z. B. in dem Augenblicke statt hatte, als die Uhr 8 Stunden 45 Minuten 36 Sekunden gab. Da aber diese Uhr um 2 Minuten 40 Sekunden zu spät geht, so ist die mittlere Zeit der Verschwindung des Sterns 8 Stunden 48 Minuten 16 Sekunden.

Da derselbe Stern jeden folgenden Tag um 3 Minuten 55.908 Sekunden früher verschwindet, so wird er am zweiten Tag um 8 Stunden 44 Minuten 20 Sekunden, am dritten um 8 Stunden 40 Minuten 24.2 Sekunden mittlerer Zeit verschwinden. Hat man nun diese folgenden Verschwindungen ebenfalls beobachtet und z. B. gefunden, daß die des zweiten Tages um 8 Stunden 41 Minuten 46 Sekunden und die des dritten um 8 Stunden 37 Minuten 56 Sekunden Uhrzeit statt hatte, so findet man die Correctionen der Uhr für diese drei Tage auf folgende einfache Weise.

	Tag I.			II.			III.		
	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.
Mittlere Zeit	8	48	16	8	44	20.1	8	40	24.2
Uhrzeit	8	45	36	8	41	46	8	37	56
Verspätung der Uhr	2	40		2	34.1		2	28.2	

so daß man also jeden Tag den Fehler der Uhr und zugleich ihren täglichen Gang erhält, der in unserem Beispiele 5.9 Sekunden beträgt, um welche die Uhr jeden Tag gegen die mittlere Zeit vorausgeht oder accelerirt. Die Uebereinstimmung des täglichen Ganges aus jedem Beobachtungspaare gibt zugleich einen Beweis von dem guten Gange der Uhr.

Wenn man bedenkt, wie einfach diese Beobachtungen sind und mit welcher großen Schärfe sie sich anstellen lassen, so daß sie selbst von Astronomen, die mit keinem Mittagsrohre versehen sind, mit Vortheil gebraucht und allen anderen bisher erwähnten Zeitbestimmungen vorgezogen werden können, so muß man sich verwundern, daß diese Methode,

Digitized by Google

selbst außer dem eigentlich wissenschaftlichen Leben, nicht überall eingeführt ist, wo man einer genauen Zeitbestimmung bedarf. Unsere Uhrmacher z. B. werden nie einen höheren Grad ihrer Kunst erreichen und mit den Chronometermachern Englands und Frankreichs, deren jeder eine kleine Privatsternwarte in seinem Hause hat, rivalisiren können, so lange sie nicht einmal genau wissen, ob die von ihnen verfertigten Uhren einen regelmäßigen Gang haben. Denn welches Mittel haben sie, dieses zu erfahren? — Sogenannte Probeuhren oder Regulatoren, von welchen sie einstweilen voraussetzen, daß sie gut sind. Aber was berechtigt sie zu dieser Voraussetzung? Einige bedienen sich zu diesem Zwecke sogar der Sonnenuhren, die sie sich auf der Rückseite ihres Hauses von irgend einem vielleicht sehr unerfahrnen Menschen aufzeichnen lassen, ohne zu bedenken, daß noch nie eine solche Uhr verzeichnet worden ist, durch welche man die Zeit bis auf eine oder auch auf mehrere Sekunden genau erhalten kann. Ja viele von ihnen kennen noch nicht einmal den Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Zeit, und wollen ihre Uhren, denen sie doch vor allen einen gleichförmigen Gang geben sollen, zwingen, nach der Sonne d. h. ungleichförmig zu gehen. Alles dieß hindert sie aber nicht, als Künstler, wie sie sich selbst zu nennen belieben, mit Stolz auf die anderen Handwerker herabzusehen, die sie tief unter sich erblicken, wenn gleich mancher von diesen letztern sein Handwerk mit viel mehr Kenntniß desselben und mit viel mehr Ueberlegung treibt, als jene ihre sogenannte Kunst zu behandeln pflegen.

§. 183. (Zeitbestimmung selbst ohne Fernrohr.) Da eine wenigstens genäherte Kenntniß der Zeit selbst im bürgerlichen Leben so nothwendig ist, und da nicht Jedermann sich die Instrumente oder das Fernrohr dazu verschaffen kann, so wird es wünschenswerth seyn, denselben Zweck noch auf eine einfachere Weise zu erreichen.

Der oben erwähnte Gnomon, eine verticale Stange auf horizontalem Boden, ist zwar einfach genug und seine Anschaffung in Jedermanns Bereiche. Allein seine Aufstellung im Freien setzt ihn zu vielen Veränderungen durch Winde, Witterung, Störungen durch Menschen und Thiere aus, als daß er für längere Zeit mit Sicherheit gebraucht werden könnte. Für einen oder einige Tage aber läßt er sich ohne Mühe und Kosten errichten, um dadurch den Stand und Gang einer Uhr, für diese wenigen Tage, kennen zu lernen und dann, mit Hülfe einer solchen Uhr, andere Mittel zur künftigen, dauernden Zeitbestimmung in Bewegung zu setzen, wie wir dieß so eben in Beziehung auf die Sternverschwindungen gethan haben, und wie wir es auch hier, in Beziehung auf eine andere Methode der Zeitbestimmung, wieder thun wollen.

Setzen wir also, um die Sache anfangs so einfach als möglich vorzutragen, voraus, daß man in seiner Wohnung ein Fenster habe, dessen Richtung wenigstens nahe nach Süden gehe, so daß dasselbe von der Sonne im Mittag beschienen werde. An dem obersten Theile desselben, zwischen den beiden Glasfenstern, befestige man eine Schnur auf eine unveränderliche oder doch immer wieder leicht und sicher zu findende Weise. Diese Schnur, die nahe so lang, als das Fenster hoch ist, trage an ihrem unteren Ende ein an ihr frei schwebendes Gewicht, schwer genug, die Schnur straff zu spannen. Die Schwankungen der Schnur durch Luftzug der beiden Fenster zu vermeiden oder doch zu vermindern, kann man den untern Theil des Gewichtes in einer mit Wasser gefüllten Schaale gehen lassen.

Hat man die Dicke der Schnur stark genug gewählt, um den Schatten derselben, wenn sie von der Sonne beschienen wird, entweder auf dem

Digitized by Google

Fußboden oder auch an einer der Wände des Zimmers gut zu sehen, so wird man bemerken, daß dieser Schatten sich um so schneller bewegt, je weiter er von der Schnur entfernt ist, und solche Fenster wird man daher zu unserm Zwecke vorzugsweise auswählen, weil man im Allgemeinen die Zeit durch diesen Schatten desto genauer bestimmen wird, je schneller sich dieser Schatten bewegt, wenn er zugleich so deutlich und scharf begränzt, als möglich, gesehen wird.

Kennt man nun mit Hülfe des erwähnten Gnomons, oder mittelst einer durch den Gnomon regulirten Uhr, an irgend einem hellen Tage den Augenblick des wahren Mittags genau, so wird man, in diesem Augenblick, den Ort des Schnurschattens auf dem Boden oder an der Wand des Zimmers durch eine gerade Linie verzeichnen, und so oft in künftigen Tagen der Schatten der Schnur wieder auf diese Linie fällt, so oft wird man auch den Augenblick des wahren Mittags dieses Tages haben. Es ist übrigens für sich klar, daß man, statt jener Schnur, auch den Fensterrahmen oder die Fenstermauer selbst gebrauchen und ihren Schatten wie zuvor beobachten kann, vorausgesetzt, daß dieser Rahmen, oder daß die Fensterwand vollkommen vertical ist, wovon man sich leicht mittelst eines Bleilothes überzeugen wird.

Allein dadurch erhält man nur die Zeit des Mittages und daher vielleicht durch mehrere Wochen keine Zeitbestimmung, selbst wenn die Witterung günstig, die Sonne aber im Mittage zufällig durch Wolken bedeckt ist. Auch wird diese Methode dadurch sehr beschränkt, daß nicht jede Wohnung zu jenen Beobachtungen gelegene Fenster darbietet.

Es wäre daher zu wünschen, daß man dieses an sich ebenso einfache als sichere Verfahren auch auf jede andere Stunde des Tages und auf jede Lage des Fensters, wenn dasselbe nur nicht gegen Nord steht, ausdehnen könnte.

Man kann das auch, aber, wie dieß beinahe in allen Dingen zu geschehen pflegt, dieser Vortheil läßt sich nur auf Kosten eines anderen erreichen. Man kann sich nämlich von der Zeit des Mittags oder von der beschränkenden Lage des Fensters ganz unabhängig machen, wenn man sich dafür eine, übrigens sehr leichte trigonometrische Rechnung gefallen lassen will. Dem Astronomen ist dieß allerdings kein Hinderniß, und die mit diesen Rechnungen nicht Bekannten werden doch wohl unter ihren Freunden leicht einen finden, der sie dieser kleinen Mühe überheben wird; für diese will ich diese erweiterte Methode der Zeitbestimmung hier kurz auseinander setzen.

Ich setze also voraus, daß man an einem Tage, für welchen man den Stand seiner Uhr, etwa durch Hülfe jenes Gnomons, genau kennt, aus irgend einem auch nicht gegen Süden gelegenen Fenster den Schatten jener Schnur oder auch den Schatten des verticalen Fensterstockes, auf dem Boden oder an der Wand des Zimmers, in einem Augenblicke bemerkt und angezeichnet habe, wo es z. B. genau drei Uhr Abends wahre Sonnenzeit war. Die Frage ist: wie viel wird es alle anderen Tage des Jahres wahre Zeit in dem Augenblicke seyn, wo jener Schatten wieder dieselbe bezeichnete Stelle einnimmt?

In dem sphärischen Dreiecke ZNS′ (I. Fig. 2) zwischen dem Zenith Z, dem Pol N des Aequators und dem Mittelpunkte S′ der Sonne kennt man die Seite NS′ oder die Poldistanz der Sonne, ferner die Seite NZ oder die Aequatorhöhe des Beobachtungsorts, und den Stundenwinkel ZNS′ der Sonne zur Zeit der Beobachtung an dem ersten Tage. Daraus findet man aber sofort durch die bekannten Vorschriften der Trigonometrie das Azimut RZS′ (Einl. §. 20) der Sonne.

Digitized by Google

Hat man z. B. diese erste Beobachtung zu Wien, dessen Aequatorhöhe 41° 48′ ist, an einem Tage gemacht, an welchem die Poldistanz der Sonne 80° war, und zwar zu dem Augenblicke, wo die wahre Zeit 3 Stunden, also der Stundenwinkel 45° betrug, so findet man daraus das Azimut der Sonne 59° 55′ für diesen Augenblick.

Dasselbe Azimut wird aber die Sonne alle Tage des Jahres in demjenigen Momente haben, wo der Schatten der Schnur wieder auf die bezeichnete Stelle der Wand tritt, aber der Stundenwinkel oder die wahre Zeit dieses Momentes wird eine andere seyn, weil die Poldistanz NS′ der Sonne für jeden Tag eine andere ist. Das Dreieck NZS′ wird sich also auch geändert haben, indem wohl die Seite NZ und der Winkel NZS′ derselbe bleibt, die Linie NS′ aber näher gegen Z herauf oder weiter von Z herabgerückt ist, nachdem die Poldistanz der Sonne seit jenem ersten Tage kleiner oder größer geworden ist.

Diese Poldistanz der Sonne aber kann man mit Hülfe eines jeden astronomischen Kalenders, für jeden Tag des Jahres, leicht finden, und ebenso wird man auch für jede gegebene Poldistanz der Sonne den ihr entsprechenden Tag des Jahres oder eigentlich die zwei Tage finden, da die Sonne im Allgemeinen zweimal des Jahrs dieselbe Poldistanz hat. So findet man z. B. aus diesem Kalender, daß jener erste Beobachtungstag, an welchem die Poldistanz der Sonne 80° betrug, entweder der 16. April oder der 28. August gewesen ist.

Diese Poldistanz kann aber, da die Schiefe der Ecliptik 23½ Grad beträgt, von 66½ bis 113½ Grad wachsen. Nehmen wir also diese Poldistanz nach und nach zu 66, 67, 68 bis 113 Graden an, so bekommen wir eben so viele Dreiecke NZL′, in welchen allen die Seite NZ=41° 48′ und der äußere Winkel oder das Azimut RZS′=59° 55′ ist, während die Seite NS′ nach der Ordnung 66, 67, 68 Grade beträgt, und es wird sich nun bloß darum handeln, in diesem Dreiecke aus den bekannten Seiten NZ und NS′ und dem Winkel RZS′ den unbekannten Stundenwinkel ZNS′ zu finden, welcher letzte zugleich die gesuchte wahre Zeit seyn wird, zu welcher der Schatten der Schnur in den verschiedenen Tagen des Jahres wieder auf die bezeichnete Stelle fällt. Nimmt man z. B. für unseren Fall nach der Ordnung die Poldistanz der Sonne gleich 75, 80, 85 und 90 Graden, so findet man daraus die wahre Zeit und die zwei Tage des Jahres durch folgende kleine Tafel.

Poldistanz der Sonne.	Wahre Zeit.	Tage des Jahrs.
75° . .	2 St. 45 M. 0″ . .	1. Mai u. 12. August.
80° . .	3 — 0 — 0″ . .	16. April u. 28. August.
85° . .	3 — 14 — 28″ . .	2. April u. 10. September.
90° . .	3 — 28 — 36″ . .	21. März u. 23. September.

u. s. w.

Auf diese Weise wird man sich, wenn man die Poldistanzen nach den einzelnen Graden wachsen läßt, eine Tafel entwerfen, aus welcher man für jeden Jahrestag die wahre Zeit jenes Momentes nehmen kann. Denn gesetzt, man hätte am 2. April den Schatten der Schnur auf der bezeichneten Stelle in einem Augenblicke gesehen, wo die Uhr 3 Stunden, 20 Minuten, 48 Sekunden gab, da sie doch nach der vorhergehenden Tafel 3 Stunden, 14 Minuten, 28 Sekunden geben sollte, so sieht man daraus, daß die Uhr an diesem Tage um 6 Minuten 20 Sekunden gegen wahre Zeit zu früh ging. Will man aber, wie gewöhnlich, die Uhr nicht mit der wahren, sondern mit der mittleren Zeit vergleichen,

Digitized by Google

so sieht man aus der oben (I. §. 158) gegebenen Tafel, daß die Zeitgleichung am 2. April 3 Minuten 42 Sekunden beträgt, so daß also die gesuchte mittlere Zeit jenes Tages 3 Stunden, 18 Minuten, 10 Sekunden ist, oder daß die Uhr an diesem Tage um 2 Minuten 38 Sekunden gegen mittlere Zeit zu früh geht, und so fort mit allen andern Tagen des Jahres.

§. 184. (Sonnenuhren.) Nachdem wir uns über den wichtigen Gegenstand der Zeitbestimmung so umständlich verbreitet haben, wurde es unangemessen scheinen, eines der im gemeinen Leben gewöhnlichsten Mittel zu diesem Zwecke hier ganz mit Stillschweigen zu übergehen.

Unsere Erde bewegt sich in einem Sterntage um ihre Axe von West nach Ost, und zwar, wie wir oben gesehen haben, auf eine ganz gleichförmige Weise oder mit einer völlig unveränderlichen Geschwindigkeit. Wir haben bereits früher gezeigt, daß man sich die daraus folgenden Erscheinungen ganz eben so gut dadurch erklären kann, daß man die Erde in Ruhe läßt, und dafür den ganzen Himmel in derselben Zeit, aber in verkehrter Richtung, oder von Ost nach West, sich um die Erde bewegen läßt. Nehmen wir diese letztere, als die gewöhnlichste und augenfälligste Erklärung an, so würde also die Sonne, wenn sie immer denselben Ort am Himmel einnähme, so wie alle Fixsterne, während jeden Sterntages um die ruhende Erdaxe die ganze Peripherie eines Kreises zurücklegen. Denken wir uns hinter der Erde, auf der der Sonne entgegengesetzten Seite, irgend eine ebene oder krumme, aber feste und unveränderliche Fläche, so wird der Schatten, welchen die von der Sonne beschienene Erdaxe hinter sich wirft, auf diese Ebene fallen und auf ihr eben so gleichförmig weiter gehen, wie die Sonne selbst mit dem ganzen Himmel um die ruhende Erde in ihrer täglichen Bewegung weiter schreitet, und so oft diese Sonne, in den folgenden Tagen, von dem Meridian eines bestimmten Beobachters wieder dieselbe Entfernung, d. h. so oft die Sonne wieder denselben Stundenwinkel hat, so oft wird auch der Schatten der Erdaxe wieder dieselbe Stelle auf jener Ebene einnehmen, so daß, wenn man nur einmal weiß, welche Stelle er für 1, 2, 3 . . Uhr einnimmt, man künftig auch immer rückwärts, aus dem Orte des Schattens auf die ihm entsprechende Tageszeit, schließen wird.

Dabei haben wir vorausgesetzt, daß die Sonne, gleich einem Fixstern, immer dieselbe Stelle an dem sich täglich um die Erde bewegenden Himmel, z. B. den Frühlingspunkt (I. §. 22), einnimmt. Setzen wir statt dieser Sonne einen eben so hellen Fixstern in den Frühlingspunkt, so würden wir auf diese Weise, durch den Schatten auf unserer Fläche, eigentlich die verschiedenen Stunden des Sterntags erhalten. — Allein die wahre Sonne steht nicht fest unter den anderen Sternen des Himmels, sondern sie bewegt sich, wie wir oben gesehen haben, täglich nahe einen Grad gegen Osten, und zwar nicht alle Tage mit derselben, sondern eigentlich mit einer veränderlichen Geschwindigkeit. Dadurch wird aber unsere Sache nicht wesentlich geändert. Der Schatten der Erdaxe, wie dieselbe von der wahren Sonne beschienen wird, wird noch immer seinen täglichen Weg auf jener Fläche zurücklegen, und er wird auch auf derselben immer wieder dieselbe Stelle einnehmen, so oft diese wahre Sonne dieselbe Stelle gegen den Meridian des Beobachters einnimmt, d. h. so oft die wahre Sonne, in dem Laufe eines jeden künftigen Tages, wieder denselben Stundenwinkel hat. Der Schatten der Erdaxe auf jener Fläche wird also nicht mehr, wie zuvor, den Stundenwinkel des Frühlingspunkts, oder die Sternzeit, sondern er wird den Stundenwinkel der wahren Sonne, d. h. er wird die wahre Zeit (I. §. 155) angeben.

Digitized by Google

Dieß wäre demnach die einfachste und zugleich die sicherste Sonnenuhr, die man haben könnte, und einmal auf jener Ebene die Orte des Schattens der Erdaxe für die verschiedenen Stunden, Minuten und Sekunden des wahren Tages bestimmt, würden wir, so oft dieser Schatten wieder auf eine der so bezeichneten Stellen fiele, sofort auch daraus die wahre Zeit dieses Augenblickes, ohne Instrumente, ohne Rechnung, durch den bloßen Anblick jener Flächen finden.

Allein wo ist jene Fläche, oder wie sollen wir uns eine solche verschaffen? — Da dieß offenbar für unsere Kräfte unmöglich ist, müssen wir deßhalb ganz von unserer Unternehmung abstehen?

Eine sehr einfache Betrachtung wird uns helfen, dieses an sich unüberwindliche Hinderniß zu umgehen, und unsern Zweck auf einem andern Wege zu erreichen. Der Halbmesser unserer Erde beträgt, wie wir oben gesehen haben, 859 deutsche Meilen; der Halbmesser der Erdbahn aber, oder mit anderen Worten, die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde hat 20,658,000 Meilen. Die letzte ist also über 24,000mal größer, als die erste. Die ganze Erde ist also nur als ein sehr kleiner Körper, nur als ein beinahe verschwindender Punkt gegen jene hohle Himmelskugel anzusehen, in deren Oberfläche sich die Sonne aufhält. Wollten wir uns z. B. diese beiden Kugeln in ihrem wahren Verhältnisse durch ein Modell darstellen, in welchem der Durchmesser der kleineren, der Erde, einen Schuh beträgt, so müßten wir dem Durchmesser der größeren, der Himmelskugel, einen Durchmesser von 24,000 Fuß, also von mehr als einer deutschen Meile geben, da schon 22,842 P. Fuß auf eine solche Meile gehen. Also würde auch eine so kleine Kugel von nur einem Schuh im Durchmesser, wenn wir hinter ihr eine feste Fläche anbringen, oder wenn wir sie vor der festen Wand eines Hauses oder vor dem Dache eines Thurmes u. s. w. aufstellen, uns ganz dieselbe Dienste leisten, wie jener vorhergehende zu große, und darum für uns unmögliche Apparat, wenn nur, was allerdings hier Hauptsache ist, wenn nur die Axe dieser kleinen Kugel, wofür hier irgend ein durch ihren Mittelpunkt gehender, und zu beiden Seiten verlängerter Stift genommen werden kann, mit der großen Weltaxe genau parallel gelegt wird. Wegen der so geringen Größe der Erde gegen die ungemeine Entfernung der Sonne kann man nämlich, ohne allen merklichen Fehler, annehmen, daß die Sonnenstrahlen, obschon sie eigentlich aus der Sonne divergent ausgehen, auf alle Punkte der Erde in unter sich parallelen Richtungen auffallen, und daß es daher, in Beziehung auf unsere Absicht, gleichviel ist, auf welchem Punkte der Oberfläche der Erde man diese Axe anbringt, wenn man sie nur mit der wahren Axe der Erde vollkommen parallel stellt, so daß also auch sogar jene kleine Kugel, von der wir so eben gesprochen haben, ganz überflüssig wird, indem schon ein einfacher, der Erdaxe paralleler Stift genügt, um diesen unsern Endzweck zu erreichen, nämlich um durch den Schatten eines solchen Stifts, den er auf eine hinter ihm stehende, ebene oder krumme Fläche wirft, die wahre Zeit in jedem Augenblicke anzugeben.

§. 185. (Horizontale Sonnenuhr: erste Methode) Unsere Aufgabe reducirt sich demnach auf folgende zwei Fragen: wie soll man erstens einen geradlinigen Stift so stellen, damit er der Erdaxe parallel werde, und wie soll man zweitens auf einer hinter diesem Stifte stehenden Fläche die Orte des Schattens dieses Stiftes für jeden Augenblick der wahren Zeit angeben?

Um die Antworten auf diese Fragen nicht gleich anfangs zu sehr zu compliciren, wollen wir uns jene Fläche als eine horizontale Ebene,

Digitized by Google

z. B. als ein dem Horizonte parallel gelegtes Tischblatt denken. Hier wird es sehr leicht seyn, unsern Stift in dem Tische in der durch die erste Frage geforderten Weise aufzustellen. Die Erdaxe macht nämlich mit dem Horizonte eines jeden Ortes auf der Oberfläche der Erde einen Winkel, der gleich der Polhöhe oder, was dasselbe ist, der gleich der geographischen Breite dieses Ortes ist (Einl. §. 27), welche letzte man bekanntlich aus jeder guten Karte des Landes, in welchem jener Ort liegt, nehmen kann. Für Wien z. B. ist die geographische Breite 48° 12′ 35″. Sei also ABDE (Fig. 103) die erwähnte horizontale Tafel. Man ziehe in ihr, durch irgend einen willkührlich gewählten Punkt C, die zwei unter sich senkrechten Linien AB und DE und befestige in dem Punkte C der Tafel einen geradlinigen Stift CP über dieser Tafel so, daß er mit den beiden Linien CB und CE einen Winkel von 90 Graden, mit der Linie CA aber einen Winkel von 48° 12′ 35″ macht, so wird dieser Stift der Erdaxe parallel stehen, sobald man die horizontale Tafel so stellt, daß die Linie CA genau nach Nord, also auch CD nach Ost, CE nach West und CB endlich nach Süd gerichtet ist, so daß also die Linie ACB die Mittagslinie (Einl. §. 15) des Ortes vorstellt. — Einfacher wird sich dieser Stift noch so in seine gehörige Lage stellen lassen. Man bilde sich z. B. aus Carton oder Metallblech ein bei G rechtwinkliges Dreieck CGP, dessen einer Winkel bei C gleich der Polhöhe des Ortes, also in unserem Beispiele, gleich 48° 12′ 35″ ist, und stelle dann dieses Dreieck senkrecht auf die Ebene der Tafel so, daß der Scheitel C desselben in den oben gewählten Punkt C der Tafel, und daß die Seite CG des Dreiecks in die oben gezogene Linie CA der Tafel fällt. In dieser Lage wird die größte, oder die dem rechten Winkel G gegenüberstehende Seite CP die wahre Lage des Stiftes angeben, so daß man also, bei dieser Stellung des Dreiecks, den Stift nur in die Richtung der Seite PC des Dreiecks bringen, und in dieser Lage an der Tafel befestigen kann.

Damit ist also die erste unserer Fragen beantwortet. Allein wie soll man nun, in derselben Tafel, die Linien finden, auf welche der Schatten des Stiftes fallen muß, wenn es eben 1, 2, 3... Uhr wahre Zeit ist?

Zu diesem Zwecke kann man sich des folgenden graphischen Verfahrens bedienen. — Nachdem man, wie zuvor, durch einen willkührlich gewählten Punkt C der Tafel die beiden unter sich senkrechten Geraden AB und DE gezogen hat, ziehe man nun, ebenfalls in der Ebene dieser Tafel, die Linie CQ so, daß sie mit der Linie CA einen Winkel ACQ gleich der Polhöhe des Ortes bilde. Man nehme dann in dieser Linie CQ irgend einen, ebenfalls willkührlichen Punkt P und errichte in diesem Punkte P auf die Linie CQ eine Senkrechte, welche die Linie AC in dem Punkte H schneiden soll. Durch diesen Punkt H ziehe man eine auf AC senkrechte, also mit DE parallele Gerade D′E′. Man nehme ferner in der Linie AC von dem Punkte H aus die Linie HO genau so groß, als jene Senkrechte HP war, und ziehe aus dem so bestimmten Punkte O, als aus einem Mittelpunkte, mit irgend einem willkührlichen Halbmesser, z. B. mit dem Halbmesser OH den Halbkreis MHN. Theilt man dann die Peripherie dieses Kreises von dem Punkte H aus, zu beiden Seiten desselben, in sechs gleiche Theile, und zieht durch die Theilungspunkte a, b, c... die Halbmesser Ca, Cb, Cc... und verlängert dieselben, bis sie die oben erwähnte Gerade D′E′ in den Punkten a′, b′, c′... schneiden, so hat man nur diese Punkte a′, b′, c′... mit dem oben gewählten Punkte C durch die geraden Linien Ca′XI, Cb′X, Cc′IX

u. s. w. zu verbinden, um die gesuchten Schattenlinien zu erhalten, auf welche nämlich der Schatten des Stiftes, der auf die oben erwähnte Weise in der Tafel befestiget wurde, in den Augenblicken fallen wird, wann es 11, 10, 9.. Uhr wahre Zeit Morgens ist. Eben so erhält man auf der andern Seite von AC die Schattenlinien für 1, 2, 3... Uhr Abends, und wenn man die Peripherie des Halbkreises MHN, statt wie zuvor in 12, genau in 24 oder in 48 gleiche Theile theilt, so erhält man auch die Schattenlinien für die Halben- und Viertelstunden zwischen jenen bereits gefundenen ganzen. Hat man die Tafel groß genug gewählt, so wird man selbst noch kleinere Theile der Stunde mit Sicherheit auf ihr eintragen können. — Eine solche Sonnenuhr wird eine Horizontaluhr genannt, weil sie auf eine horizontale Tafel verzeichnet ist. Stellt man in der That diese Tafel mittelst einer Libelle (§. 78) genau horizontal, und die Linie AC in die Richtung der Mittagslinie, so daß C auf der Nordseite liegt, so wird der Schatten des Stiftes CP oder CQ, so oft er von der Sonne beschienen wird, auf der bezeichneten Tafel die wahre Zeit angeben.

§. 186. (Horizontale Sonnenuhr: zweite Methode.) Obschon die angeführte Verzeichnung einer solchen Uhr von Jedermann leicht ausgeführt werden kann, so gibt es doch noch eine einfachere Art, eine Horizontaluhr zu construiren.

Beide Methoden beruhen im Grunde auf der Auflösung von zwei ebenen Dreiecken, durch die man ohne Mühe findet, daß die Tangente des Winkels ACa′ oder ACb′.. der Schattenlinie Ca′ oder Cb′.. mit der Mittagslinie CA der Uhr für jeden gegebenen Stundenwinkel der Sonne, gleich ist der Tangente dieses Stundenwinkels multiplicirt in den Sinus der Polhöhe des Ortes, in welchem man die Sonnenuhr errichten will. Sucht man z. B. den Winkel ACM oder ACN für den Stundenwinkel von 30°, oder von 2 Stunden vor oder nach dem Mittage für die Polhöhe von 50°, so findet man die Tangente von 30° gleich 0.57735 und den Sinus von 50° gleich 0.76604. Beider Produkt gibt 0.44227 für die Tangente des gesuchten Winkels ACM, welcher Winkel daher gleich 23° 51′ 31″ ist, und so fort für alle übrigen Stundenwinkel. Hat man so diese Winkel ACa′, ACb′,.. für alle einzelnen Stundenwinkel berechnet, so wird man sie mittelst des sogenannten Transporteurs an die Seite CH rechts und links von derselben auf die Tafel auftragen, und die Sonnenuhr wird vollendet seyn.

Da ich aber, dem Zwecke dieser Schrift gemäß, jene Rechnungen, so einfach sie auch seyn mögen, nicht als bekannt voraussetzen darf, so wollen wir sie, durch Hülfe einer bereits voraus berechneten Tafel, unsern Lesern ganz entbehrlich machen.

Ist nämlich wieder CDE (Fig. 104) die oben erwähnte horizontale Tafel, so ziehe man, wie dort, durch den willkührlichen Punkt C die Gerade CA und darauf senkrecht die Linie DAE. In der Linie CA errichte man, senkrecht auf die Tafel, das Dreieck GCP, dessen Winkel bei C gleich der Polhöhe ist, und befestige dann, in dem Punkte C, nach der Richtung der Seite CP den Stift CQ. Endlich theile man die gerade Linie CA in 1000 gleiche Theile, und trage auf der Linie DAE, zu beiden Seiten von A, so viele dieser Theile auf, als die folgende Tafel für jeden Stundenwinkel angibt, wodurch man die Punkte a, b, c.. und a′, b′, c′.. erhält, die, mit C verbunden, die gesuchten Schattenlinien Ca, Ca′, Cb, Cb′.. der Horizontaluhr geben.

Wollte man also eine solche Uhr, z. B. für Weimar errichten, so wird man, da die geographische Breite dieser Stadt 51° beträgt, von

Digitized by Google

den 1000 gleichen Theilen der Linie CA, 208 von A nach a und nach a' tragen, um die Schattenlinien für die erste Stunde vor und nach Mittag zu erhalten. Nimmt man eben so Ab=Ab'=449 solcher Theile, so erhält man die Schattenlinien für zehn Uhr vor und für zwei Uhr nach dem Mittage, und so fort für alle übrigen Stunden und Unterabtheilungen derselben.

Die folgende Tafel erstreckt sich über den größten Theil Deutschlands.

Wahre Zeit.	Geographische Breite.						
	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°
0 St. 0 M.	0	0	0	0	0	0	0
0 „ 30 „	96	98	99	101	102	104	105
1 „ 0 „	196	199	202	205	208	211	214
1 „ 30 „	303	308	313	317	322	326	331
2 „ 0 „	422	429	436	442	449	455	461
2 „ 30 „	561	570	579	588	596	605	613
3 „ 0 „	731	743	755	766	777	788	799
3 „ 30 „	953	968	984	998	1013	1027	1041
4 „ 0 „	1267	1287	1307	1327	1346	1365	1383
4 „ 30 „	1766	1794	1822	1849	1876	1902	1928
5 „ 0 „	2729	2773	2817	2859	2900	2941	2981
5 „ 30 „	5555	5645	5733	5819	5903	5985	6066

Für sechs Uhr Morgens oder Abends ist die Entfernung des Durchschnittspunktes der Schattenlinien mit der Linie DAE, von A an gezählt, unendlich groß, d. h. diese Schattenlinie fällt in die durch C mit DE parallel gezogene Linie VI, VI. Will man dann noch die übrigen weiter gegen Morgen oder gegen Abend fallenden Schattenlinien auf der Tafel verzeichnen, so wird man nur die bereits erhaltenen Schattenlinien rückwärts über C hinaus verlängern. So gehört z. B. die Schattenlinie CIX für 9 Uhr Morgens, also auch ihre Verlängerung auf der anderen Seite von C für 9 Uhr Abends, und eben so wird die Linie CIII verlängert die Schattenlinie für 3 Uhr Morgens geben, wo man diese Linien offenbar nicht weiter fortsetzen wird, als die größte halbe Tageslänge des Orts beträgt, die wir oben (I. §. 88) in einer eigenen Tafel angegeben haben.

§. 187. (Sonnenuhr für jede gegebene Fläche.) So einfach die vorhergehenden Vorschriften zur Verzeichnung einer Sonnenuhr auf einer ebenen horizontalen Tafel jedermann erscheinen werden, so wird man doch schon ohne ausdrückliche Erinnerung bemerken, daß die Construction einer Sonnenuhr auf irgend einer anderen, schief gegen den Horizont und gegen den Meridian gestellten Ebene, z. B. auf der Ebene einer senkrechten Mauer oder auf der eines schief liegenden Daches sehr zusammen gesetzt werden kann, und noch mehr werden sich die Schwierigkeiten häufen, wenn eine Sonnenuhr auf irgend einer krummen Fläche, z. B. auf der Seitenwand eines runden Thurms oder auf einem runden Kuppeldache verzeichnet werden soll. Alle diese Uhren werden mit der vorhergehenden Horizontaluhr bloß darin überein kommen, daß der Stab, dessen Schatten die Stunde anzeigt, immer der Weltaxe parallel gestellt

Digitized by Google

werden soll, da dieß, wie wir oben gesehen haben, die Hauptbedingung ist, die jeder Zeitbestimmung dieser Art zu Grunde liegen muß. Die Verzeichnung der Schattenlinien aber wird bei diesen Uhren, je nach der Stellung und Krümmung der Flächen, auf welchen sie verzeichnet werden sollen, für jede Uhr eine andere seyn.

Allein ohne uns hier in die oft sehr verwickelten Regeln einzulassen, die man bei der Construction einer solchen Uhr zu beobachten hat, wollen wir vielmehr ein Mittel suchen, die Horizontaluhr, die wir nach dem Vorhergehenden als bereits construirt, und mit der größten Sorgfalt ausgeführt voraussetzen, auf jene ebene oder krumme Fläche aufzutragen oder gleichsam zu projiciren.

Zu diesem Zwecke wird man die bereits verfertigte, und zur größeren Genauigkeit in einem bedeutenderen Maaßstabe ausgeführte Horizontaluhr auf einen festen Tisch unmittelbar vor jener Fläche, z. B. vor jener Wand anbringen, auf welcher man die neue Uhr verzeichnen will. Auf diesem Tische stellt man dann die Tafel der Horizontaluhr, mittelst einer Libelle horizontal, und überdieß die Linie CA (Fig. 103 und 104) genau in die Mittagslinie, so daß der Punkt C nach Süd und der Punkt A genau nach Nord steht. Am einfachsten wird man dieß letzte, wenn man nicht schon eine verläßliche und genaue Pendel- oder Taschenuhr hat, erreichen, wenn man mit Hülfe des bereits oben erwähnten Gnomons den Augenblick bemerkt, wo der Schatten der verticalen Stange auf das schon durch frühere Beobachtungen bekannte Zeichen des Mittags fällt, und wenn man, in diesem Augenblicke, die immer horizontale Tafel der Uhr so dreht, daß der Schatten ihres Stiftes CQ genau auf die Schattenlinie CA der zwölften Stunde der Horizontaluhr fällt.

In dieser Lage ist also die Horizontaluhr auf ihrem Tische vollkommen orientirt. Verlängert man nun, etwa durch einen gespannten Faden den Stiel CQ der Horizontaluhr, bis dieser Faden die Wand, auf welcher die neue Uhr verzeichnet werden soll, in einem Punkte R trifft, so wird man in diesem Punkte R der Wand einen Stiel, z. B. eine Stange von Eisen so befestigen, daß er dem gespannten Faden genau parallel wird. Da sonach dieser Stiel auch der Weltaxe parallel ist, so wird er der Stiel der neuen Uhr seyn.

Auf dieselbe Weise, wie man den Stiel der Horizontaluhr verlängert hat, wird man aber auch die Schattenlinien derselben verlängern können, indem man nämlich den in C (Fig. 103 und 104) befestigten Faden von seiner ersten Lage CQ abhebt, und ihn in die Lage CA, Ca', C'b' . . der Schattenlinien der Horizontaluhr für 12, 11, 10 Uhr u. s. f. bringt, ihn in dieser Lage spannt, und die Punkte r, r', r'' . . der Wand bemerkt, in welchem der so gespannte Faden die Wand trifft. Verbindet man dann diese Punkte r, r', r'' . . der Wand mit dem vorigen Punkte R derselben durch die geraden Linien Rr, Rr', Rr'' . ., so erhält man sofort auch die Schattenlinien der neuen Uhr für 12, 11, 10 . . Uhr und sofort für jede andere Stunde des Tages.

Dieß setzt voraus, daß die Wand, auf welcher die neue Sonnenuhr verzeichnet werden soll, eine Ebene, z. B. die senkrechte Wand eines Hauses oder die ebene Fläche irgend eines Daches ist, denn nur dann werden schon zwei Punkte wie R und r oder wie R und r' u. s. hinreichen, die gerade Linie, d. h. die Schattenlinie der Uhr zu bestimmen. Ist aber diese Wand eine krumme Fläche, z. B. die Oberfläche eines cylindrischen oder kegelförmigen Gebäudes, so sind die Schattenlinien einer solchen Wand nicht mehr gerade, sondern ebenfalls krumme Linien, zu deren Verzeichnung jene zwei Punkte nicht mehr hinreichen.

Digitized by Google

Allein in diesem Falle kann man sich eines sehr einfachen Mittels bedienen, diese krumme Schattenlinien unmittelbar zu finden. Dieses Mittel läßt sich auch eben so bequem und sicher zugleich bei ebenen Wänden anbringen, und es hat noch den Vortheil, daß man die neue Sonnenuhr selbst ohne Hülfe der Sonne oder zur Nachtzeit verzeichnen kann. Dieses Mittel besteht in einer Lampe, deren Licht man in einer beträchtlichen Entfernung von der Horizontaluhr aufstellt. Am besten wird man eine solche Lampe wählen, die ihr Licht nicht durch ein gewöhnliches Fensterglas, sondern durch eine Glaslinse schickt, in deren Brennpunkte die Flamme der Lampe steht. Dann werden nämlich die von der Flamme auf die Linse fallenden Strahlen, nach der Brechung durch diese Linse, unter sich parallel auf die Horizontaluhr treten, wie dieß auch mit den Strahlen der Sonne der Fall ist, und man wird daher eine solche Lampe auch ganz nahe an die Horizontaluhr halten können, um den Schatten des neuen Stiels auf der krummen Wand desto deutlicher zu sehen. Hält man nun diese Lampe so, daß der Stiel CQ der Horizontaluhr nach und nach auf die Schattenlinien CA, Ca', Cb' . . derselben für 12, 11, 10 . . Uhr fällt, so wird auch der Schatten des neuen Stiels auf der krummen Wand diejenigen krummen Linien angeben, auf welche der Schatten dieses neuen Stiels, wenn er von der Sonne beschienen wird, um 12, 11, 10 . . Uhr fallen wird, und sofort für alle übrigen Stunden des Tages, so daß man also nur, für jede jener Lagen der Lampe, den Schatten des neuen Stiels auf der krummen Wand, seiner ganzen Länge nach, anzeichnen darf, um sofort auch die entsprechenden Schattenlinien der neuen Sonnenuhr zu erhalten.

§. 188. (Meridiankreis.) Wir haben in dem Vorhergehenden die vorzüglichsten Mittel angezeigt, durch welche man die Zeit einer jeden Beobachtung bestimmen kann. Man wird von selbst bemerken, daß diese Mittel nicht alle von gleichem Werthe sind, und daß es z. B. dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft ganz unangemessen wäre, wenn irgend ein Astronom seine Zeit durch eine Sonnenuhr bestimmen wollte, da die Construction derselben, so viel Sorgfalt man auch darauf verwendet haben mag, doch nie die Genauigkeit gewähren kann, die von den astronomischen Beobachtungen in unseren Tagen gefordert wird. Im Gegentheile ist das Mittagsrohr ohne Zweifel das beste und sicherste Mittel, nicht bloß zu einer genauen Bestimmung der Zeit, sondern auch zur Beobachtung der Rectascension der Gestirne.

Allein durch diese Rectascension wird der Ort eines Gestirns am Himmel noch nicht vollständig angegeben, indem alle andern, die in demselben Declinationskreise (Einl. §. 13) mit jenem liegen, auch eine mit ihm gemeinschaftliche Rectascension haben. Es ist daher noch erforderlich, daß der Astronom auch, nebst der Rectascension, die Declination jedes Gestirns durch seine Beobachtungen bestimme, um dadurch die Lage desselben, und zwar gegen den Aequator vollständig anzugeben.

Wir haben zwar bereits oben (I. §. 46) gezeigt, wie man zu diesem Zwecke den Quadranten gebrauchen kann, wenn man ihn in der Ebene des Meridians aufstellt. Wenn man nämlich die Polhöhe seines Beobachtungsortes, nach der ebendort auseinander gesetzten Methode, durch frühere Beobachtungen bereits bestimmt hat, so wird man nur von jeder, in dem Meridian mittelst des Quadranten beobachteten Höhe eines Gestirns die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes subtrahiren, um sofort die gesuchte Declination des Gestirns zu erhalten. Allein wir haben auch bereits erinnert, daß der Quadrant, selbst der Mauerquadrant, seiner ganzen Einrichtung nach, nicht so verläßliche Resultate darbietet,

Digitized by Google

oder daß er die gesuchten Höhen der Sterne nicht mit der Schärfe zu geben im Stande ist, die man dem gegenwärtigen Bedürfnisse der so sehr verfeinerten Beobachtungskunst angemessen nennen kann.

Man mußte daher auf ein anders eingerichtetes Instrument bedacht seyn, welches diese Höhe, und dadurch die Declinationen der Gestirne mit einer größeren Sicherheit geben kann. Auch dieses Instrument ist von demselben dänischen Astronomen Römer, der das Mittagsrohr erfunden hat, und zwar nahe zu gleicher Zeit ausgedacht worden. Es besteht, um es am einfachsten zu sagen, in einem, mit einem Fernrohre versehenen und auf das genaueste eingetheilten Kreise, dessen Ebene sich in der Ebene des Meridians befindet.

Es wurde oben gesagt, daß an der Drehungsaxe AB des Mittagsrohrs CD (Fig. 101) eine Alhidade Ao befestiget ist, die während der Drehung des Fernrohrs auf einem, an dem Pfeiler P befestigten Halbkreise mn auf und nieder geht, und daß man dadurch die Höhe findet, auf welche man das Fernrohr stellen soll, damit der verlangte Stern im Felde dieses Fernrohrs erscheine. Zu diesem Zwecke war es genug, jenen Kreis nur klein, etwa von einem Fuß im Durchmesser zu machen, und seinen Umfang bloß von fünf zu fünf Minuten zu theilen, da man durch diesen Kreis, nicht etwa die Höhe der durch den Meridian gehenden Sterne genau messen, sondern nur überhaupt diese Sterne in dem Fernrohre zu dem Gesichte des Beobachters bringen will, um dann die Rectascension derselben genau beobachten zu können. Wollten wir daher auch die Höhen, oder, was für Meridianbeobachtungen dasselbe ist, die Declinationen dieser Sterne, mit derselben Genauigkeit an diesem Instrumente bestimmen, so dürfte man nur diesen Kreis mn größer machen, genau eintheilen, und überhaupt auf seine Construction alle die Sorgfalt verwenden, welche der neue Zweck, zu dem er nun bestimmt ist, nothwendig macht.

Auf diese Weise also entstand der Meridiankreis, den man in seinen vorzüglichsten Theilen in der Fig. 105, und zwar so abgebildet sieht, wie man jetzt in Deutschland dieses Instrument nach Reichenbachs Angabe zu verfertigen pflegt.

Man bemerkt hier wieder, wie bei dem Mittagsrohre, die auf den beiden Pfeilern P und Q ruhende horizontale Drehungsaxe AB, in deren Mitte das darauf senkrechte Fernrohr CD angebracht ist. Die beiden Enden A und B dieser Drehungsaxe sind mit ihren Pfeilern durch zwei Metallstücke in Verbindung, deren jedes aus zwei starken Platten besteht. Die erste, dem Pfeiler nächste Platte ist unmittelbar an dem Pfeiler fest, und die andere, welche die eigentlichen Lager trägt, auf welchen die cylindrischen Enden der Rotationsaxe aufliegen, lassen sich an den ersten Platten durch Schrauben bewegen, und zwar die eine auf und nieder, um dadurch die Rotationsaxe mittels der Libelle horizontal zu stellen, und die andere im Horizonte vor- und rückwärts, um dadurch diese Axe senkrecht auf den Meridian oder das Fernrohr CD in die Ebene des Meridians zu bringen.

An dem einen Ende der Rotationsaxe sind zwei concentrische, zu dieser Axe senkrechte Kreise mn angebracht. Die Peripherien dieser beiden in einer Ebene liegenden Kreise sind einander so nahe, daß sie sich beinahe berühren, und daß ein unbewaffnetes Auge nur mit Mühe die Gränze unterscheidet, die sie von einander trennt. Der größere oder äußere dieser beiden Kreise ist an seinem mit Silber eingelegten Limbus in Grade und Minuten eingetheilt, und dieser Kreis ist mit der Rotationsaxe fest und unveränderlich verbunden, so daß er sich, wie das

Digitized by Google

Fernrohr, zugleich mit dieser Axe dreht. Der kleinere oder innere Kreis, der auch die Alhidade genannt wird, trägt an vier Orten seines Limbus, von welchen Orten je zwei einander gegenüber stehen, einen Vernier, um dadurch, wie wir weiter unten sehen werden, die Minuten des andern Kreises noch weiter unterzutheilen, so daß man jetzt mit Hülfe beider Kreise unmittelbar zwei Secunden lesen, und selbst die einzelne Secunde meistens noch mit Sicherheit schätzen kann. Statt dieses Verniers können wir hier einstweilen eine einfache, feine gerade Linie substituiren, die am Rande des innern Kreises, an vier Orten desselben, in der Richtung des Halbmessers gezogen ist, und mittelst welcher man die Lage des äußern Kreises gegen den festen inneren, auf diesem letzten ablesen kann. Dieser zweite Kreis oder die Alhidade ist nicht wie der erste, an der Drehungsaxe AB, sondern er ist an dem Pfeiler P befestiget, und bleibt daher, auch während der Drehung des ersten Kreises, fest und unveränderlich stehen. Die Oeffnung im Mittelpunkte dieser Alhidade ist nämlich etwas größer, als das Ende A der Drehungsaxe, damit diese frei durch jene Oeffnung gehen kann. Die Befestigung der Alhidade an dem Pfeiler aber wird durch die starke metallene Vorrichtung ab bewirkt. Der Theil a dieser Vorrichtung ist ein starkes, in den Pfeiler fest eingemachtes Eisenstück, und der Theil b ist eine solide Platte von Messing, die an ihrem obersten Theile mit dem Mittelpunkte der Alhidade durch Schrauben fest verbunden ist. Beide Theile sind bei c mit einander durch eine feine Schraube in Verbindung gebracht. Um sich von der unveränderlichen Lage der Alhidade zu versichern, wird an die Speichen derselben, bei d, eine Libelle befestiget. Wenn sich diese Libelle durch irgend eine kleine Verstellung der Alhidade ändert, so wird, durch die erwähnte feine Schraube bei c, die Alhidade in ihrer Ebene bewegt, bis die Blase jener Libelle wieder den frühern Ort, also auch die Alhidade selbst wieder ihre erste Stelle einnimmt.

Eine ähnliche Vorrichtung hat man auch an dem andern Ende B der Rotationsaxe. Man sieht hier das in dem Pfeiler Q befestigte Eisenstück a', und die solide Platte b' von Messing. Diese Platte umgibt in ihrem obern Theile bei d' die Rotationsaxe frei, so daß diese ungehindert durch die etwas größere Oeffnung der Platte gehen kann. Allein durch die Mitte dieser Platte und längs der Richtung c'd' geht eine metallene Stange, deren unteres Ende bei c' in einer Schraubenmutter lauft, und mit einer granulirten kleinen Scheibe versehen ist, die man bei h sieht, mittels welcher man jene Stange bequem drehen kann. Bewegt man diese Schraube h rückwärts, so geht das obere Ende d der Stange herab, und läßt die Rotationsaxe ganz frei, daher man jetzt diese Axe mit dem Fernrohre und dem an sie befestigten äußern Kreise frei drehen, und das Fernrohr nahe auf den eben zu beobachtenden Stern so stellen kann, daß er wenigstens in dem Felde des Fernrohrs erscheine. Hat man dieß erlangt, so wird man nun noch das Fernrohr sammt seinem äußeren Kreise etwas weniger sanft bewegen müssen, um nun auch den horizontalen Faden im Brennpunkte des Fernrohrs (vergleiche oben) ganz genau auf das Gestirn zu stellen. Um dieß mit Sicherheit zu bewirken, schraubt man zuerst die Stange durch ihre vertikale Schraube h wieder aufwärts, wodurch der obere Theil d' dieser Stange an die Rotationsaxe angedrückt, und dadurch diese Axe, sammt Kreis und Fernrohr, gleichsam festgestellt wird, und jetzt kann man, mittels einer anderen feinen, horizontalen Schraube fe', deren granulirte Scheibe bei f ist, die Platte c'd', also auch die jetzt an sie gleichsam befestigte Rotationsaxe sehr sanft und so lange bewegen, bis der Stern

Digitized by Google

von dem horizontalen Faden des Fernrohrs bedeckt wird. In diesem Zustande liest man den Ort der vier Verniere der Alhidade an dem äußern Kreise ab, und das Mittel aus diesen vier Ablesungen gibt die gesuchte, beobachtete Höhe des Sterns.

Bei der vorhergehenden Beschreibung des Meridiankreises sind noch mehrere kleine Einrichtungen, der Kürze und der leichteren Uebersicht wegen, übergangen worden, die von dem Künstler an dem Instrumente angebracht wurden, um dadurch die Sicherheit und Bequemlichkeit der Beobachtungen zu erhöhen. Hier mögen die beiden folgenden Bemerkungen, als ein ergänzender Nachtrag des Vorhergehenden, genügen. Erstens ist die Rotationsaxe ihrer Länge nach, und auch der Pfeiler in der Richtung dieser Axe ausgehöhlt, um durch eine, an der andern Seite des Pfeilers aufgestellte Lampe das Innere des Fernrohrs zu erhellen, und die feinen Fäden im Brennpunkte desselben, während der nächtlichen Beobachtungen, sichtbar zu machen. Da diese Vorrichtung schon bei der Zeichnung (Fig. 101) des Mittagsrohrs angezeigt wurde, so schien es unnöthig, sie hier zu wiederholen. Zweitens ist es nicht genug, daß ein Instrument irgend einer Art bloß so gut als möglich aus der Hand des Künstlers hervorgeht, es muß auch für längere Zeit, für viele Jahre in seinem ersten guten Zustande bleiben, ohne sich zu früh abzunutzen und dadurch unbrauchbar zu werden. Vor allem wird es nöthig seyn, dafür zu sorgen, daß die cylindrischen Enden A und B der Rotationsaxe durch das große Gewicht des Instrumentes, bei dem häufigen Gebrauche desselben, nicht abgerieben werden und dadurch ihre ursprüngliche Gestalt verändern, wo dann die Hauptbedingungen des Instruments verloren gehen und das Fernrohr sich nicht mehr in der Ebene des Meridians bewegen, sondern bald zu der einen, bald zu der andern Seite von ihm abweichen würde, je nachdem verschiedene Theile dieser abgenützten cylindrischen Zapfen mit ihren Unterlagen in Berührung kommen. Dieses zu verhüten, dient, auf der Seite B der Axe, die metallene Stange r, die an ihrem untern Ende in einen Ring ausläuft. Die Oeffnung dieses Rings ist bedeutend größer, als die Dicke der Axe an diesem Orte und an dem innern Rande dieses Ringes, in dem untern Theile desselben, bei p und q sind zwei kleine kreisförmige Scheiben, sogenannte Frictionsräder angebracht, die sich um ihre Axe bewegen und mit ihrem oberen Theile etwas über die innere Fläche des Rings hervorstehen. Der oberste Theil dieser vertikalen Stange r hat eine Oeffnung, in welche das eine Ende einer andern horizontalen Stange u eingreift, während an dem anderen Ende dieser Stange ein daselbst verschiebbares, mit Blei gefülltes Gewicht R' angebracht wird. Diese Stange wird durch einen Stift u gehalten, der durch die auf dem Pfeiler Q befestigte Säule s getragen wird. Auf diese Weise bilden die beiden Stangen r und u einen Hebel, dessen Unterlage der Stift u, dessen Kraft das Gewicht R' und dessen Last die Schwere der ihm zugewendeten Hälfte des Instruments ist, und man sieht leicht, daß man das Gewicht R' so lange von dem Unterstützungspunkte u entfernen kann, bis der von beiden Körpern beschwerte Hebel sehr nahe im Gleichgewichte ist, oder bis das Instrument, statt mit seiner ganzen früheren Last, nur mehr mit einem so geringen Theile derselben auf seinem Lager bei B aufliegt, daß es nur eben nicht frei in der Luft schwebt. Dieselbe Vorrichtung sieht man auch an dem anderen Ende A der Rotationsaxe; durch eine gehörige Stellung der beiden Gegengewichte R und R' werden die verticalen Stangen r so erhöht, daß die oben erwähnten beiden Frictionsrollen p und q in ihren oberen Theilen den untern Theil der Axe berühren, und

Digitized by Google

daß nun diese Axe auf den vier Rollen ihrer beiden Hebel, wie auf den Rädern eines Wagens hin und her gedreht werden kann, während das ganze schwere Instrument vielleicht nur mehr mit dem tausendsten Theile seines eigentlichen Gewichtes auf den cylindrischen Endpunkten dieser Axe ruht. Ein ähnliches Gegengewicht steht man auch in S, welches bestimmt ist, die Schwere der auf seiner Seite stehenden Kreise auf dieselbe Art zu balanciren. Da man, wie wir bald sehen werden, dieses Instrument öfters umkehren muß, so daß diese Kreise bald auf der Seite des Pfeilers P, bald auf jener von Q zu liegen kommen, so muß jeder Pfeiler zwei Säulen tragen, von welchen die eine s für die Axe und die andere t für die beiden Kreise bestimmt ist.

§. 189. (Rectification des Meridiankreises.) Da dieses Instrument nicht nur die Rectascensionen, wie das Mittagsrohr, dem es so ähnlich ist, sondern auch die Höhen der Gestirne, während ihres Durchganges durch den Meridian, anzeigen soll, so werden, für die Rectification desselben zuerst alle diejenigen Vorschriften gelten, die wir schon oben §. 178 bei dem Mittagsrohre angeführt haben und die daher hier keiner neuen Aufzählung bedürfen.

I. Um die gleiche Größe und Lage der cylindrischen Zapfen A und B der Rotationsaxe zu prüfen, kann man, für verschiedene Stellungen des Fernrohrs über dem Horizonte, die Hänglibelle mit ihren Hacken an diesen Zapfen einhängen und zusehen, ob die Blase der Libelle immer dieselbe Lage beibehält. Man stellt z. B. das Fernrohr horizontal, das Objektiv D nach Süden, während der Kreis mn auf der Seite des östlichen Pfeilers P steht. Hängt man bei diesem Stande des Instruments die Libelle zweimal, in verkehrter Lage, an die Axe, so sey z. B. 10 die halbe Differenz der beiden Lesungen. Man kehre nun das Instrument um, so daß der Kreis mn auf den westlichen Pfeiler Q komme und stelle das Fernrohr wieder horizontal, aber das Objektiv nach Nord und hier sey, nach der doppelten Einhängung der Libelle, die halbe Differenz der zwei Lesungen gleich 22. Daraus folgt, daß die Libelle bei der ersten Lage des Instruments um $^1/_2$ (22 — 10) oder um 6 Theilstreiche anders stand als bei der zweiten. Beträgt nun, wie oben (§. 128) der Theilstrich $^2/_3$ Secunden, so macht dieser Unterschied der beiden Lagen der Rotationsaxe 6mal $^2/_3$ oder 4 Secunden, zum Zeichen, daß entweder die beiden Zapfen der Axe von der genauen cylindrischen Gestalt abweichen, oder daß die Axen dieser Cylinder nicht ganz scharf in einer geraden Linie liegen.

II. Um die Gleichheit der Durchmesser dieser Cylinder zu untersuchen, wiederhole man die so eben erwähnten Operationen mit der Libelle, doch so, daß das Objektiv des Fernrohrs, in beiden Lagen des Instruments, immer nach derselben Seite, z. B. immer nach Süd gerichtet wird; findet man in der ersten Lage jene halbe Differenz z. B. 15 gegen Ost und in der zweiten 5 gegen West, so ist die Summe dieser Zahlen 20, und diese durch $^2/_3$ multiplicirt, gibt 13.3 Secunden für die gesuchte Ungleichheit der Durchmesser jener Cylinder. Sollten aber beide halbe Differenzen östlich oder beide westlich gefunden werden, so würde man die Differenz jener zwei Zahlen nehmen und dadurch 10mal $^2/_3$ oder 6.3 für die Ungleichheit der Cylinderdurchmesser erhalten.

III. Wenn der äußere Kreis mn mit dem inneren nicht genau concentrisch liegt, so wird die Ablesung der beobachteten Höhen der Sterne dadurch geändert oder sie wird fehlerhaft seyn. Allein diesem Fehler kann man sehr leicht dadurch begegnen, daß man an zwei einander diametral gegenüber liegenden Vernieren ablieſt, wofür der Künstler schon

Digitized by Google

gesorgt hat, indem er die oben erwähnten vier Verniere unter rechten Winkeln gegen einander stellte.

IV. In den neueren Zeiten hat man auch diejenigen Fehler zu berücksichtigen gesucht, welche aus der Wirkung der Schwere auf Fernrohr und Kreis, bei den verschiedenen Lagen derselben, entstehen. Zu diesem Zwecke beobachtet man einen Circumpolarstern in seiner oberen sowohl, als auch in seiner unteren Conjunktion und zwar in jeder zweimal, indem zuerst der Kreis mn östlich, und dann westlich von dem Fernrohre steht.

Allein die an diesen Instrumenten angebrachten Fernröhre sind so lichtstark, daß man damit nicht nur die Fixsterne der zweiten und dritten Größe, wie den Polarstern bei Tage, sondern daß man auch das Bild dieser Sterne in einem Spiegel durch diese Fernröhre sehr gut sehen kann. Man wählt dazu gewöhnlich eine mit Quecksilber gefüllte Schale, weil die Oberfläche dieses Metalls sehr gut spiegelt und weil sie, wie überhaupt alle Flüssigkeiten, im ruhenden Zustande eine genau horizontale Lage einnimmt. Wenn man aber das Bild eines Sterns in einen vor das Objektiv gestellten horizontalen Spiegel beobachtet und dann wieder das Fernrohr unmittelbar, wie bei den gewöhnlichen Beobachtungen, auf den Stern selbst wendet, so durchläuft das Fernrohr, zwischen diesen beiden Beobachtungen, an dem Kreise einen Winkel, der genau gleich der doppelten Höhe dieses Sterns ist. Denn da, nach dem bekannten optischen Gesetze, der Reflexionswinkel des von dem Spiegel zurückgeworfenen Lichtstrahls gleich dem Einfallswinkel des unmittelbar von dem Stern kommenden Strahls ist, so sieht man das Bild des Sterns im Spiegel genau ebenso tief unter dem Horizonte, als man den Stern selbst über dem Horizonte erblickt.

Beobachtet man daher dieses Bild des Polarsterns, sowie früher ihn selbst, ebenfalls in beiden Culminationen und in beiden Lagen des Kreises mn, so erhält man dadurch acht Beobachtungen, aus welchen man, durch eine zweckmäßige Combination derselben, jene Beugung des Instrumentes finden kann, die aus der verschiedenen Einwirkung der Schwere auf die einzelnen Theile desselben entsteht.

§. 190. (Gebrauch des Meridiankreises.) Da dieses Instrument, wie bereits gesagt, zugleich ein Mittagsrohr ist, so wird man die Beobachtungen der Durchgänge der Sterne an den vertikalen Fäden des Fernrohrs ganz ebenso anstellen, wie oben (§. 181) bei dem Mittagsrohre gesagt worden ist, und dadurch entweder die Correction der Uhr, wenn die Rectascension des Sterns bekannt ist, oder diese Rectascension finden, wenn der Stand und Gang der Uhr bereits durch andere vorhergehende Beobachtungen an diesem Instrumente gegeben ist.

Allein der Meridiankreis soll, nebst den Rectascensionen, auch die Höhen der durch ihn in dem Meridian beobachteten Gestirne geben, zu welchem Zwecke er mit dem oben beschriebenen, auf seine Drehungsaxe senkrechten und auf das Genaueste eingetheilten Kreise versehen ist. Wenn nun der Nullpunkt des Kreises, wo die auf ihm verzeichnete Reihe der Grade eben anfängt, von dem Künstler schon genau in denjenigen Punkt der Peripherie gesetzt worden wäre, der bei dem zwischen seinen Pfeilern aufgestellten Kreise dem Horizonte entspricht, wenn nämlich derjenige Durchmesser desselben, der durch die Punkte 0° und 180° geht, in dem Horizonte läge, und daher der durch 90° und 270° gehende Durchmesser auf dem Horizonte senkrecht stünde, so würde man nur den horizontalen Faden des Fernrohrs auf den durch den Meridian gehenden Stern stellen, und die Verniere des Kreises ablesen, um auch sofort schon die

Digitized by Google

gesuchte Meridianhöhe des Sterns zu erhalten. Allein der Künstler hat das nicht gethan und kann es auch nicht thun, so wenig, daß er vielmehr jenen Nullpunkt der Theilung ganz willkührlich nehmen und es dem Beobachter überlassen muß, zu suchen, wie viel er ihn unrecht genommen hat. Man pflegt dieß den Collimationsfehler des Instruments zu nennen, so daß also, wenn der eigentliche Horizontalpunkt des Kreises, nicht wie er sollte, auf 0°, sondern z. B. auf 10° 20′ 30″ fallen sollte, der Collimationsfehler desselben gleich diesem Bogen seyn würde, wo man also dann von jeder an dem Instrumente abgelesenen Höhe nur wieder diesen constanten Fehler 10° 20′ 30″ zu subtrahiren haben würde, um sofort die wahre beobachtete Höhe zu erhalten.

Wie findet man aber diesen Collimationsfehler? — Diese Frage ist für den Beobachter von der größten Wichtigkeit, da man, ohne die Kenntniß dieses Fehlers, wie man sieht, eigentlich gar nicht beobachten kann.

§. 191. (Den Horizontalpunkt des Kreises zu finden.) Ein Mittel zu diesem Zwecke haben wir im Grunde schon in dem vorhergehenden §. 189 kennen gelernt.

Beobachtet man nämlich ein Gestirn zur Zeit seiner Culmination zuerst unmittelbar, indem man das Fernrohr auf die gewöhnliche Weise auf dasselbe richtet, und beobachtet man es auch in dem Spiegel eines Quecksilberhorizontes, indem man das Fernrohr auf das Bild des Gestirnes in diesem Spiegel richtet, so erhält man dadurch, wie wir gesehen haben, einen von dem Fernrohre auf dem eingetheilten Limbus des Kreises durchlaufenen Bogen, der genau gleich der doppelten Höhe des Gestirns über dem Horizonte des Beobachters ist, so daß also die Mitte dieses Bogens der gesuchte Horizontalpunkt des Kreises seyn wird. Hätte man z. B. die direkte von der Refraction (I. §. 185) befreite Höhe eines Sterns gleich 102°, und die im Spiegel reflectirte gleich 48° gefunden, so würde die wahre Höhe desselben gleich der halben Differenz dieser Zahlen oder gleich 27° und der Collimationsfehler gleich der halben Summe derselben oder gleich 75° seyn, so daß man also von jeder an diesem Instrumente direkt beobachteten Höhe den Collimationsfehler 75° subtrahiren muß, um die wahre Höhe des Gestirns zu erhalten.

Ohne Hülfe eines solchen Spiegels kann man den Collimationsfehler des Kreises auch dadurch finden, daß man ein Gestirn zweimal direkt, aber in verkehrten Lagen des Kreises beobachtet. Gesetzt man hätte in der ersten Lage des Instruments, wo der Kreis mn z. B. gen Ost oder an der Seite des östlichen Pfeilers P stand, wenn man den horizontalen Faden des Fernrohrs auf ein Gestirn richtet, an dem Kreise die Zahl 40° 13′ 10″ gelesen. Man hebe dann das Instrument aus seinen Lagern bei A und B, stelle es in verkehrter Richtung, so daß der Kreis mn jetzt auf den westlichen Pfeiler Q kömmt, und bringe endlich den Faden des Fernrohrs wieder auf denselben Stern, wo dann der Kreis 44° 32′ 20″ zeigen soll. Man sieht, daß sonach das Fernrohr zwischen diesen beiden Beobachtungen auf seinem Kreise einen Bogen durchlaufen hat, der gleich ist der doppelten Zenithdistanz dieses Sterns, und daß daher die Mitte dieses Bogens dem wahren Zenithpunkte des Beobachters entspricht. Nimmt man daher die halbe Differenz dieser beiden Zahlen, so erhält man den Collimationsfehler gleich 2° 9′ 35″, und diese Zahl ist es, die man zu allen Beobachtungen, wo der Kreis östlich steht, addiren und von allen, wo der Kreis westlich steht, subtrahiren muß, um die wahre Zenithdistanz des Gestirns zu erhalten, die demnach hier gleich 42° 22′ 45″ oder gleich der halben Summe jener beiden ersten Zahlen ist.

Digitized by Google

Da in beiden Beobachtungen der Stern denselben Ort am Himmel einnehmen, also im Meridian seyn muß, und da jeder Stern, wegen der täglichen Bewegung des Himmels nur einen Augenblick im Meridian ist, so wird man jene zwei Beobachtungen in zwei nächstfolgenden Tagen, zur Zeit der beiden Culminationen des Sterns, anstellen. Wenn man aber das Instrument schnell genug umkehren kann, um das Gestirn in beiden Lagen des Kreises noch im Fernrohre sehen zu können, was z. B. bei dem sich sehr langsam bewegenden Polarstern statt hat, so kann man diese beiden Beobachtungen auch schon in einem einzigen Tage, ja in wenigen Minuten vollenden. Zwar beobachtet man dann beidemale den Stern nicht in, sondern außer dem Meridian und in unter sich verschiedenen Höhen; aber da die Gestirne in der Nähe des Meridians ihre Höhe nur sehr wenig ändern, so kann man diese Aenderung ihrer Höhe bis zu ihrer Meridianhöhe sehr leicht und sicher berechnen und selbst ohne alle Rechnung unmittelbar aus den Beobachtungen ableiten. Ein Beispiel wird dieß sogleich deutlich machen.

Gesetzt man hätte einen Stern zweimal in der östlichen und eben so oft in der westlichen Stellung des Kreises zu folgenden Sternzeiten beobachtet:

	Sternzeit.	Beobachtete Zenithdistanz des Sterns.
Kreis Ost . .	$18^h\ 57'\ 11''$	$40°\ 0'\ 39''$
	18 58 48	39 59 54
Kreis West .	19 1 24	43 34 23
	19 3 20	43 33 30

Diese vier Beobachtungen sind zwar zu verschiedenen Zeiten gemacht worden, wo also auch der Stern verschiedene Höhen hatte, so daß daher diese Beobachtungen unmittelbar untereinander nicht verglichen werden können. Dieß könnten sie nur, wenn alle vier in einem und demselben Augenblicke z. B., um die Mitte aus allen jenen vier Sternzeiten, also um die Sternzeit $19^h\ 0'\ 11''$ beobachtet worden wären. Allein auf diese Zeit lassen sich jene Beobachtungen leicht zurückführen, da aus ihnen selbst die Veränderung der Zenithdistanzen des Sterns für jede gegebene Zeit hervorgeht. Die beiden ersten zeigen z. B., daß in der Zeit von $1'\ 37''$ die Zenithdistanz um $45''$ abgenommen hat, also wird sie auch in einer Zeitminute um $27.''3$ abnehmen. Ebenso zeigen die beiden letzten, daß in der Zeit von $1'\ 56''$ die Zenithdistanz um $53''$ abnimmt, also wird sie auch in einer Zeitminute um $27.5''$ abnehmen. Wir können daher, im Mittel aus allen vier Beobachtungen, annehmen, daß die Zenithdistanz des Sterns in einer Zeitminute um $27.4''$ abnimmt.

Allein die erste Beobachtung ist von jener imaginären mittleren, die um $19^h\ 0'\ 11''$ angestellt seyn soll, um 3.0, die zweite um 1.38, die dritte um 1.22 und die vierte endlich um 3.15 Zeitminuten entfernt. Multiplicirt man also diese vier Zahlen durch 27.4, so erhält man die Reduktionen, die man an die vier beobachteten Zenithdistanzen anbringen muß, um sie alle auf jene imaginäre um $19^h\ 0'\ 11''$ angestellte Zenithdistanz zu bringen. Man hat so

Beob. Zenithdistanz.	Reduktion.	imag. Zenithdistanz.	
I. $40°\ 0'\ 39''$	$1'\ 22.2''$	$39°\ 59'\ 16.8''$	} Kreis Ost.
II. 39 59 54	0 37.8	39 59 16.2	
III. 43 34 23	0 33.4	43 34 56.4	} Kreis West.
IV. 43 33 30	1 26.3	43 34 56.3	

Digitized by Google

Wir erhalten demnach im Mittel aus je zwei Beobachtungen folgende zwei, in demselben Augenblicke statt habenden Zenithdistanzen des Sterns

Kreis Ost . . . 39° 59′ 16.5″
Kreis West . . . 43 34 56.3

und von diesen beiden Zahlen gibt daher wieder, wie zuvor, die halbe Differenz derselben den gesuchten Collimationsfehler des Kreises, der gleich 1° 47′ 49.9″ ist, und die halbe Summe gibt die wahre Zenithdistanz des Sterns, die gleich 41° 47′ 6.4″ ist.

Dieses Verfahren, den Collimationsfehler zu bestimmen, ist sehr brauchbar bei solchen Kreisen, die sich schnell umwenden lassen, und sie gibt zugleich sehr genaue Resultate, wenn man in beiden Lagen des Instruments mehrere Beobachtungen anstellt und aus ihnen allen das Mittel nimmt.

§. 192. (Den Polpunkt des Kreises zu finden.) Wie man aber in dem Vorhergehenden den Horizontalpunkt oder, was dasselbe ist, den Zenithpunkt des Kreises bestimmte, um zu wissen, von welchem Punkte des eingetheilten Limbus man die Höhen oder die Zenithdistanzen zu zählen hat, eben so kann man auch an dem Kreise denjenigen Punkt desselben bestimmen, welcher dem Pole des Aequators am Himmel entspricht, wo man dann alle Beobachtungen der Sterne auf diesen Instrumentalpolpunkt beziehen und sonach unmittelbar die Poldistanzen (Einl. §. 13) dieser Sterne erhalten wird.

Diesen Polpunkt wird man aber am besten durch die Beobachtung der Circumpolarsterne in ihren beiden Culminationen bestimmen können. Steht nämlich der Kreis mn auf der Westseite und nennt man h und h′ die beiden Zahlen, bei welchen das Fernrohr zur Zeit der oberen und der unteren Culmination stand, so ist die Zahl des Kreises, die dem Polpunkte entspricht, oder so ist der Polpunkt des Instruments gleich h — p für die obere, und gleich h′ + p für die untere Culmination, wo p die Poldistanz des beobachteten Sterns bezeichnet, und wo bei den Größen h und h′ schon auf die Verbesserung der Refraktion Rücksicht genommen ist.

Wenn aber der Kreis auf der Ostseite des Fernrohrs ist, und man hier k und k′ die beiden Ablesungen nennt, so ist der gesuchte Polpunkt des Kreises P′ gleich k + p in der oberen und k′ — p in der unteren Culmination.

Daraus folgt also, daß man, selbst ohne die Poldistanz p des Sterns zu kennen, nur die halbe Summe der Größen h und h′ beider Culminationen bei der westlichen Stellung, oder die halbe Summe der Größen k und k′ bei der östlichen Stellung des Kreises zu nehmen braucht, um sofort den Polpunkt des Instrumentes zu erhalten. Nehmen wir an, um dieß durch ein Beispiel deutlich zu machen, man hätte bei der westlichen Lage des Kreises in der oberen Culmination h = 318° 15′, und in der unteren h′ = 315° 1′ gefunden, so ist der Polpunkt des Instruments in dieser Lage 316° 38′, oder man muß von allen in dieser Lage des Kreises gemachten Beobachtungen die Größe 316° 38′ subtrahiren, um die Poldistanz des beobachteten Sterns zu erhalten.

Hätte man eben so bei der östlichen Lage des Kreises in der oberen Culmination k = 40° 12′, und in der unteren k′ = 43° 26′ gefunden, so würde der Polpunkt des Instruments für diese Lage 41° 49′ seyn, oder man wird von allen in dieser Lage des Kreises gemachten Beobachtungen die Größe 41° 49′ subtrahiren, um die Poldistanzen der beobachteten Gestirne zu erhalten.

Digitized by Google

So wie also zuvor (§. 191) der Zenithpunkt des Kreises durch die Umkehrung desselben von Ost nach West oder durch die Beobachtung desselben Sterns in verkehrten Lagen des Instruments gefunden wird, so wird auch hier der Polpunkt desselben durch die Beobachtung der beiden Culminationen desselben Sterns bestimmt. Da nun hier, in unserem Beispiele, beide Culminationen nicht nur in der einen, sondern auch noch in der anderen Lage des Instruments beobachtet worden sind, so erhält man dadurch auch die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes, die nämlich gleich der halben Differenz der Größen 41° 49′ weniger 316° 38′ oder gleich 42° 35.″5 ist. Auch die Poldistanz des so beobachteten Sterns findet man unmittelbar aus den vier erhaltenen Zahlen, indem sie gleich der halben Differenz der Zahlen h und h′, oder auch der Zahlen k und k′, also hier gleich 1° 37′ ist. Die Uebereinstimmung zwischen diesen beiden Differenzen wird zugleich ein Beweis für die Richtigkeit der vier Beobachtungen und der daraus abgeleiteten Werthe der beiden Polpunkte seyn.

§. 193. (Gebrauch des Collimators.) Noch ein anderes Mittel, den Zenithpunkt des Kreises zu finden, muß seiner Vorzüglichkeit wegen hier erwähnt werden. Es ist dieses der vor einigen Jahren von dem Kapitän Kater in England vorgeschlagene Collimator. Dieser besteht in einem kleinen Fernrohre, welches in seinem Brennpunkte mit einem Kreuzfaden versehen und nahe senkrecht auf einem in seiner Mitte durchbrochenen eisernen Teller befestiget ist, durch dessen Oeffnung das Fernrohr geht. Dieser Teller wird auf dem in einem Gefäße enthaltenen Quecksilber frei schwimmend erhalten und das Rohr so gestellt, daß das Objektiv desselben den höchsten Punkt einnimmt, während das Ocular, oder vielmehr, nach weggenommenem Ocular, der Kreuzfaden desselben, mittelst eines Planspiegels, durch eine nebenstehende Lampe erleuchtet wird. Bringt man diese Vorrichtung unter den Mittelpunkt des Fernrohrs des Meridiankreises, und stellt man dieses letzte Fernrohr nahe senkrecht, so daß das Objektiv desselben den tiefsten Punkt einnimmt, so kann man durch dies so gestellte Kreisrohr den Kreuzfaden des Collimators erblicken, und dann durch eine kleine Bewegung des Kreisrohrs die Fäden beider Fernröhre genau auf einander bringen. In dieser Stellung des Kreisrohrs liest man dann seine Lage an dem Limbus des Kreises ab.

Dreht man dann den immer auf dem Quecksilber schwimmenden Teller des Collimators im Horizonte um 180 Grade, so daß die westliche Seite des Tellers jetzt auf die östliche kömmt, und bringt wieder durch eine kleine Bewegung des Kreisrohrs die Fäden beider Fernröhre neuerdings genau auf einander, und liest auch in dieser zweiten Lage den Kreis wieder ab, so gibt die halbe Summe der beiden Ablesungen an dem Meridiankreise sofort den Nadirpunkt (Einl. §. 8) des Kreises, der dann, um 180° vermehrt oder vermindert, der gesuchte Zenithpunkt desselben seyn wird.

Dabei wird vorausgesetzt, daß das kleine Fernrohr des Collimators wenigstens nahe senkrecht auf der horizontalen Fläche des Quecksilbers sey. Man kann dieses leicht durch kleine Gewichte erreichen, die man in verschiedenen Punkten des eisernen Tellers auflegt und daselbst verschiebt. Wenn auf diese Weise das Fernrohr des Collimators auch nur nahe senkrecht gestellt ist, so wird die optische Axe dieses Fernrohrs, bei der erwähnten Drehung des Tellers um 180 Grade, die Oberfläche eines sehr spitzen Kegels beschreiben, von dessen kreisförmiger Basis man, durch jenes Verfahren, zwei einander genau gegenüberstehende Punkte beobach-

Digitized by Google

tet, in deren Mitte, als in dem Mittelpunkte dieser Basis, die auf dem Queckſilber vertical ſtehende, alſo nach dem Zenithe des Beobachters gehende Linie liegen muß, daher man auch die Mitte der beiden Ableſungen am Kreiſe zu nehmen hat, um den geſuchten Punkt deſſelben zu erhalten.

Uebrigens muß der Kreuzfaden des Collimators genau in dem Brennpunkte ſeines Objektivs liegen, was man durch das oben (§. 177) erklärte Verfahren leicht erreichen wird, weil man ſonſt dieſen Kreuzfaden durch das große Fernrohr des Kreiſes nicht deutlich ſehen kann. Eine kleine äußere Schraube, die den die Kreuzfäden tragenden Ring in der Ebene dieſes Ringes bewegt, wird dazu dienen, den einen dieſer Fäden mit dem horizontalen Faden des Kreisrohres nahe parallel zu ſtellen.

Man ſieht, daß der eigentliche Zweck des Collimators iſt, uns den Stellvertreter eines Fixſterns zu geben, der in einem ſehr kleinen Kreiſe ſich bewegt, deſſen Mittelpunkt das Zenith oder eigentlich das Nadir des Beobachters iſt. Wenn man die Zenithdiſtanz dieſes Sterns in den beiden Punkten ſeines Kreiſes beobachtet, die dem Süd- und Nordpunkte des Himmels am nächſten liegen, und wenn man dann die Mitte der beiden Ableſungen nimmt, ſo erhält man dadurch den Punkt des Inſtrumentalkreiſes, der dem Zenithe entſpricht.

§. 194. (Verſchiedene Meridiankreiſe.) Obſchon die von Römer vorgeſchlagenen ganzen Kreiſe unbezweifelte und auch gleich anfangs allgemein anerkannte Vorzüge vor den Quadranten beſitzen, ſo konnten ſie doch die erſten Künſtler noch nicht mit derjenigen Genauigkeit verfertigen, welche den Wünſchen der Beobachter ihrer Zeit zu entſprechen im Stande geweſen wäre. Aus dieſer Urſache blieb auch der Mauerquadrant, in Verbindung mit dem Zenithſector, bis nahe zu dem Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts das einzige oder doch das vorzüglichſte Inſtrument zur Beobachtung der Zenithdiſtanzen der Geſtirne. Doch war zu dieſer Zeit ſchon ein ganz vorzüglicher Kreis von ſechs Fuß Durchmeſſer, welchen der berühmte Ramsden in England verfertigt hatte, im Beſitze Piazzi's in Palermo, eines der eifrigſten und geſchickteſten Beobachter. Ein nahe gleich großes Inſtrument dieſer Art wurde um dieſelbe Zeit für die Sternwarte in Dublin vollendet, und ein kleinerer, unter der Benennung des Weſtbury Circle, war in den Händen von Pond. Alle dieſe Inſtrumente haben gute Früchte getragen. Die ſchönſten und reichſten aber verdankt man jenem in Palermo, durch welchen uns Piazzi den erſten großen und verläßlichen Sternkatalog von 7456 Sternen geliefert hat. Seit Troughton i. J. 1809 ſeine vortreffliche Methode, dieſe Inſtrumente einzutheilen, bekannt gemacht hat, eine Methode, die ſpäter durch Reichenbach weſentliche Verbeſſerungen erhielt, nahm die Güte und Brauchbarkeit derſelben immer zu. Indeß waren jene Kreiſe von Ramsden in ihrer Bauart weſentlich von den oben beſchriebenen verſchieden. Dieſe Kreiſe waren nämlich zwiſchen zwei metallenen Säulen befeſtiget, welche letzten wieder auf einer horizontalen Platte ruhten, die ſich, ſammt Kreis und Säulen, um ihre vertikale Axe bewegen ließen, daher dieſe Inſtrumente auch mit einem nahe eben ſo großen horizontalen Kreiſe verſehen waren, um damit die Azimuthe, ſowie mit jenem die Zenithdiſtanzen, zu meſſen. Aus dieſer Urſache wurden ſie auch in England unter der Benennung des altitude and azimuthal instrument oder des reversible circle bekannt.

Im Jahre 1812 vollendete Troughton den erſten Mauerkreis (mural circle), der auf der Sternwarte in Greenwich aufgeſtellt wurde

Digitized by Google

und der in der Geschichte der beobachtenden Astronomie Epoche machte. Dieser in dem Meridian aufgestellte Kreis steht unmittelbar mit einem soliden Pfeiler von Mauerwerk in Verbindung, welcher Pfeiler auch die Verniere oder Mikroscope trägt, durch welche die Ablesungen an den Kreisen geschehen. Man sieht, daß ein solcher Kreis eine viel solidere Aufstellung gewährt, als jene reversiblen Kreise von Ramsden. Dafür können sie aber auch nicht umgewendet werden, und man ist daher bei ihnen bloß auf die Beobachtungen der Poldistanzen beschränkt, ohne auch zugleich Zenithdistanzen zu erhalten, weil man an ihnen, durch die Beobachtung beider Culminationen der Circumpolarsterne, wohl den Polpunkt, aber nicht den Zenithpunkt des Kreises bestimmen kann, während im Gegentheile die Kreise von Ramsden sich sehr leicht umwenden und die Verticalität ihrer Drehungsaxe sehr sicher angeben lassen. Im Jahre 1825 wurde ein ganz ähnlicher Kreis von Troughton auf dieselbe Sternwarte gebracht, und das regelmäßige Verfahren eingeführt, daß die Sterne an dem einen Kreis unmittelbar, und an dem andern zu gleicher Zeit in einem Quecksilberhorizont beobachtet wurden, wodurch man daher, nebst den Poldistanzen, auch die Zenithdistanzen der Sterne erhielt. Seit dieser Einrichtung sollen die Beobachtungen Pond's in Greenwich an Genauigkeit sehr gewonnen haben.

Die Engländer geben ihrem Meridian- oder Mauerkreise eine etwas veränderte Gestalt, die man in Fig. 106 abgebildet sieht. Man wird, nach der bereits vorausgegangenen Erklärung des deutschen Kreises, das Allgemeine dieser Veränderung schon bei dem ersten Anblicke der Zeichnung übersehen. Das Fernrohr AB ist zwischen zwei parallelen, unter einander verbundenen Kreisen D, E befestiget. Diese Kreise, deren jeder seine Eintheilung trägt, drehen sich zugleich mit dem Fernrohre um die horizontale Axe H H, und die Größe der Drehung wird durch die vier Mikroscope F, F abgelesen, die an den beiden Mauerpfeilern befestiget sind, auf welchen das ganze Instrument steht. Senkrecht auf das Fernrohr ist eine Röhre C C in der Mitte der Axe H H befestiget, in welcher, bei der horizontalen Stellung des Fernrohrs, das Bleiloth hängt, dessen unteres Gewicht in dem Gefäße bei G im Wasser geht, um die Oscillationen des Gewichts, die durch Luftzug entstehen könnten, zu vermindern.

Wenn aber diese großen und kostbaren Kreise auch die Distanzen der Sterne von dem Pole oder dem Zenithe mit großer Schärfe geben mochten, so schienen sie doch die Rectascensionen nicht mit der gewünschten Verläßlichkeit darzustellen, was wohl in dem eigenen Baue, vorzüglich in der kurzen und schwachen Drehungsaxe des Fernrohrs liegen konnte; wenigstens fuhren die englischen Astronomen fort, ihre Rectascensionen an dem ihnen viel sicherer erscheinenden Mittagsrohre zu nehmen. Erst in den neueren Zeiten hat man diesem Umstande durch eine andere Einrichtung jener Instrumente abzuhelfen gesucht, wie die Kreise von Wollaston und Groombridge zeigen. Diese bestehen in zwei einander parallelen Kreisen, die durch Querstangen fest unter einander und mit einer starken horizontalen Axe, der des Mittagsrohrs ähnlich, verbunden sind. Das Fernrohr geht mitten durch diese Axe und liegt zwischen jenen beiden Kreisen, mit welchen dasselbe an seinen zwei Endpunkten fest verbunden ist.

Reichenbach in München hat weder diese, noch die vorhergehende Bauart seiner Meridiankreise angenommen, sondern die oben (§. 188 Fig. 105) beschriebene gewählt und sie zugleich ganz aus einem Stücke gegossen, während die englischen aus vielen einzelnen bloß durch Schrau-

Digitized by Google

den zusammengehaltenen Theilen bestehen. Diese Kreise haben bereits an vielen Sternwarten Deutschlands durch eine sehr große Anzahl trefflicher Beobachtungen, der Pol- und Zenithdistanzen sowohl, als auch der Rectascensionen, ihre Vorzüglichkeit bewährt und daher auch, bei den Astronomen dieses Landes, allgemeinen Eingang gefunden. Nicht so in England, wo man noch die ältere Einrichtung vorziehen will, und wo man zu der vielleicht noch zu wenig bekannten deutschen Bauart kein Vertrauen hegt *).

§. 195. (Multiplikationskreise.) Die bisher betrachteten Meridian- und Mauer-Kreise sind, wie schon ihre Benennung zeigt, vorzugsweise nur zu solchen Beobachtungen bestimmt, die in der Ebene des Meridians vorgenommen werden. Da sie aus dieser Ursache einen fixen Stand haben, so werden sie auch gewöhnlich in größeren Dimensionen verfertiget, wie denn die Durchmesser dieser Kreise in Deutschland bis drei, in England aber selbst bis sechs und mehr Fuß halten. Diese mit so viel Sorgfalt gebauten und so sicher aufgestellten Meridianinstrumente sind es eigentlich, welche den Werth einer Sternwarte konstituiren, und sie werden daher auch immer dort angewendet, wo man in den Beobachtungen eine vorzügliche Genauigkeit verlangt.

Aber es gibt auch öfters Fälle, wo man außer dem Meridian beobachten muß, und dann sind jene Instrumente nicht mehr anwendbar. Vorzüglich sind es die Höhen der Sterne, die man zur Zeitbestimmung, wenn man kein Mittagsrohr hat, beobachtet, und dann muß man dieselben absichtlich so weit als möglich von dem Meridian entfernt nehmen. Zu diesen und ähnlichen Zwecken eignet sich nun besonders der **Multiplikationskreis**, den man in Fig. 107 abgebildet sieht.

Er besteht in zwei koncentrischen Kreisen m m und n n, die sich in einer Vertikalfläche um ihre gemeinschaftliche horizontale Axe AB drehen, welche letztere an einer vertikalen Säule EF befestiget ist. Diese cylindrische Axe selbst ist in der Figur nicht sichtbar, da sie von dem zur Aufnahme dieser Axe durchbohrten Würfel B, an dem obersten Theile der Säule EF, und durch den hohlen Cylinder QF bedeckt wird. Ein Ende dieser horizontalen Axe steht auf der Rückseite des Würfels bei B über demselben etwas hervor, sowie auch der Cylinder Q an seiner untern Seite eine Oeffnung hat, durch die man zu dem andern Endpunkte dieser Axe gelangen kann. Man hat diese beiden Enden der Axe zu der Absicht frei gelassen, um an sie die Haken einer Hänglibelle anbringen zu können, durch die man, wie man bald sehen wird, diese Axe genau horizontal, also auch die Ebene der beiden Kreise m und n genau verti-

*) So sagt Airy in seiner Geschichte der Astronomie der letzten drei Jahrzehnte: An instrument of this kind in Germany would I conceive be below mediocrity, unless the workmanship were not exquisite, and when made in the best possible way, I cannot but think, that its mechanical structure is extremely weak. Er tadelt bei Reichenbachs Einrichtung vorzüglich, daß das Fernrohr mit seinen beiden Enden nicht unmittelbar mit dem Kreise verbunden ist, wie bei den Mauerkreisen von Troughton; daß der Gebrauch des deutschen Kreises nicht ohne Umwendung statt haben könne; daß diese Umwendung nicht so leicht, wie bei den Kreisen in Palermo und Turin geschehen soll, und daher auch nur zuweilen und gelegentlich vorgenommen werde und dergl., und schließt endlich damit, that this instrument is little known in England.

Digitized by Google

kal stellen kann, da diese Kreise von dem Künstler schon auf der Drehbank vollkommen senkrecht auf ihre Axen abgedreht werden müssen. Damit übrigens diese Kreise mit ihren Gewichten die Axe, an deren einem Ende sie beide angebracht sind, nicht schief drücken können, ist ein mit Blei gefülltes Gegengewicht H auf der andern Seite der Axe angebracht, welches durch den Hebel p q, dessen Unterstützungspunkt die Säule EG ist, jenes von den Kreisen abwärts gedrückte Ende Q der Axe, wieder eben so viel aufwärts hebt.

Senkrecht auf diese horizontale Axe AB ist das Fernrohr CD angebracht, wo C das Ocular und D das Objektiv desselben ist. Dieses Fernrohr ist mit dem inneren Kreise m m, der zugleich die Verniere trägt, fest verbunden und kann nur mit diesem Kreise zugleich vertikal auf und ab bewegt werden. Der äußere Kreis n n ist in Grade und Minuten eingetheilt, oder er trägt die Theilung, und der innere das Fernrohr und die Verniere. Das Fernrohr hat gegen seine Mitte bei A eine mit einem Schieber versehene Oeffnung, durch welche man das Licht einer Lampe in das Innere des Rohrs fallen läßt, um damit die Fäden im Brennpunkte bei C zur Nachtzeit zu sehen. Da die Beobachtung sehr hoch oder nahe am Zenithe stehender Sterne bei diesem Baue des Instruments beschwerlich, wo nicht unmöglich wäre, weil dann das Fernrohr in die vertikale Lage FQ kömmt, so ist im Innern desselben bei C ein kleiner Planspiegel angebracht, dessen Ebene mit der optischen Axe CD des Fernrohrs einen Winkel von 45 Graden macht, wo dann die Ocularröhre O senkrecht auf diese Axe CD gestellt wird. Bei dieser Einrichtung fallen die von dem Gestirne nach der Richtung DC kommenden Strahlen auf den Spiegel unter einem Winkel von 45 Graden auf und werden von ihm unter einem eben so großen Winkel, also in der Richtung der Ocularröhre O in das Auge des Beobachters reflektirt, so daß der Gesichtsstrahl aller, hohen und niederen, Sterne, für den Beobachter immer eine horizontale, also zur Beobachtung selbst sehr bequeme Lage hat.

Die oben erwähnte vertikale Säule FQ besteht aus einem hohlen Cylinder, der an seinem untersten Theile F auf drei starken Füßen K befestiget ist. An der unteren Seite dieser Füße wird durch drei Schrauben, von denen man in der Zeichnung nur die zwei a und c sehen kann, eine dreiarmige Spange von Stahl, von welchen nur die zwei a b und b c sichtbar sind, angeschraubt, und auf der Mitte b dieser starken, elastischen Stahlfeder steht die eigentliche vertikale Axe des Instruments, die durch die Höhlung des Cylinders FQ geht und an ihrem obersten Ende die bereits erwähnte innere horizontale Axe AB der beiden Kreise aufnimmt. Noch ist unter jenem Fußgestelle, zwischen ihm und der Stahlspange, ein horizontaler Kreis M an das untere Ende der vertikalen Axe des Instruments befestigt, der sich daher mit dieser Axe dreht. Man sieht bei d die Druckschraube, mit welcher man diesen Kreis an das Fußgestelle bei c befestigen kann. Eben daselbst ist auch ein Index oder ein Vernier an dem Fußgestelle angebracht, durch dessen Hülfe man diesen horizontalen Kreis auf einen bestimmten Punkt im Horizonte, also auch die Vertikalkreise m und n in ein bestimmtes Azimut stellen kann.

Die Engländer, besonders Dollond, haben auch diesem Instrumente eine in mehreren Theilen veränderte Gestalt gegeben, die man in Fig. 108 sehen kann, und die, nach dem Vorhererwähnten, keiner besonderen Erklärung bedürfen wird.

§. 196. (Beobachtungen mit diesem Instrumente.) Nehmen wir an,

Digitized by Google

der äußere, die Eintheilung tragende Kreis n n (Fig. 107) sey mit dem Fußgestelle FQB des Instruments fest und unveränderlich verbunden. Um der Beständigkeit seiner Lage gewiß zu seyn, könnte man an seinen oberen Speichen eine Libelle befestigen, durch die man jede kleine Verstellung dieses Kreises sogleich erkennen und berichtigen würde.

Kann man nun voraussetzen, daß die Ebene der beiden Kreise vollkommen vertikal ist, und daß die optische Axe des Fernrohrs zu dieser Kreisebene parallel ist, so wird man, um die Höhe oder die Zenithdistanz eines Sterns zu beobachten, zuerst den unteren horizontalen Kreis M lüften, indem man die Druckschraube d nachläßt und dann das ganze Instrument um seine in dem hohlen Cylinder FQ stehende vertikale Axe so lange frei drehen, bis die Ebene des Kreises durch den zu beobachtenden Stern geht. Dann öffnet man auch die ähnliche (und deßhalb in der Zeichnung nicht angegebene) Druckschraube, welche den innern Kreis an dem festen äußeren hält, so daß man also jetzt diesen innern Kreis, sammt dem an ihm befestigten Fernrohre, um seine horizontale Axe AB so lange drehen kann, bis das Gestirn im Felde des Fernrohrs, in der Nähe des in demselben ausgespannten Fadens, erscheint. In dieser Lage befestige man nun wieder die beiden Druckschrauben des Kreises M sowohl, als auch die des inneren vertikalen Kreises m m, so steht jetzt das Instrument in der vorbereitenden Lage, die zu den eigentlichen Beobachtungen erfordert wird.

Bemerken wir nun, daß bei jeder dieser Druckschrauben auch noch eine andere feine Mikrometer-Schraube angebracht ist, die in der Lage der Tangente ihres Kreises liegt und dazu bestimmt ist, die obschon durch ihre Druckschrauben bereits geklemmten oder befestigten Kreise noch etwas weniges in ihrer Ebene weiter zu bewegen. Wir haben eine solche Mikrometer-Schraube schon oben (§. 188) bei Gelegenheit des Meridiankreises angeführt, wo sie auch (Fig. 105) bei l h abgebildet ist.

Durch diese Mikrometer-Schrauben bewegt man nun das Fernrohr in vertikaler und horizontaler Richtung ganz leise so, daß der bereits im Felde des Fernrohrs stehende Stern in der Mitte des Feldes ganz genau auf den horizontalen Faden zu stehen komme. In diesem Augenblicke liest man die neben dem Instrumente stehende Uhr und dann auch den Stand der Verniere des inneren Kreises gegen den festen, eingetheilten äußeren Kreis ab, wodurch man die gesuchte Zenithdistanz des Sterns für eine gegebene Zeit erhält, vorausgesetzt, daß man den Kollimationsfehler (§. 191) des Kreises bereits kennt, d. h., daß man bereits weiß, wie viel man von jeder Lesung am Kreise abziehen oder dazu addiren muß, um die wahre Zenithdistanz der Beobachtung zu erhalten.

Diesen Kollimationsfehler findet man aber entweder durch Umwendung des Instruments oder durch einen Quecksilberhorizont ganz auf dieselbe Art, wie bereits oben (§. 191) bei dem Meridiankreise gesagt worden ist, und man sieht von selbst, daß hier die erste Methode ganz besonders anwendbar ist, weil das Instrument, nach der Einrichtung seines Baues, sich so leicht und sicher umwenden läßt, so daß einmal der Kreis auf der einen und dann auf der entgegengesetzten Seite der vertikalen Säule FB zu stehen kömmt.

§. 197. (Multiplicirende Beobachtungen an diesem Instrumente.) Das so eben angezeigte Verfahren möchte wohl das sicherste und bequemste zugleich seyn. Die sehr zahlreichen und guten Beobachtungen, welche auf diese Art an einem solchen Instrumente, dessen Kreise nur einen Durchmesser von 18 Zoll haben, auf der Sternwarte in Wien gemacht

Digitized by Google

worden sind, lassen über die Vorzüglichkeit dieses Gebrauches keine Zweifel mehr übrig.

Man hat aber, in früheren Zeiten wenigstens, geglaubt, daß dieses Instrument wesentlich gewinnen würde, wenn man ihm eine Einrichtung geben könnte, durch welche man die Beobachtungen desselben vervielfältigen und sie auf diese Weise von den meisten derjenigen Fehler unabhängig machen würde, denen jede einzelne, isolirte Beobachtung ihrer Natur nach, ausgesetzt seyn muß. Hieher gehören z. B. vorzüglich die Fehler der Theilung. Diese Fehler waren in der That, in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts, bei den meisten Instrumenten noch so groß, daß der berühmte Tobias Mayer, der dieses Prinzip der Multiplikation der Beobachtungen zuerst aufgestellt hat, der beobachtenden Astronomie einen für seine Zeit sehr wesentlichen Dienst erwiesen hat. Allein seitdem haben sich die Umstände so sehr geändert, und die Theilung der Instrumente ist, besonders durch Reichenbach, selbst bei den kleinen Kreisen, zu einer so großen Vollkommenheit gebracht worden, daß diese früher nothwendige oder doch wohlthätige Einrichtung jetzt nicht nur überflüssig, sondern selbst schädlich erscheint, indem dadurch eine Menge neuer Fehlerquellen geöffnet werden, die vorzüglich von der geringeren Stabilität des Instruments bei den Multiplikationen entspringen; die oft bedeutend größer sind, als die der etwa noch unrichtigen Theilung, welche man dadurch wegbringen will, und die endlich dem Gebrauch des Instruments, für den Beobachter sowohl als für den Berechner dieser Beobachtungen, so unbequem und Zeit raubend machen, daß darin besonders die Ursache gesucht werden muß, warum die multiplicirenden Instrumente selbst unter den deutschen Astronomen, die sich doch von jeher durch ihren beharrlichen Fleiß ausgezeichnet haben, lange nicht die Früchte getragen haben, die man von anderen Instrumenten z. B., für die Verfertigung größerer Sternkataloge, in so reichem Maaße erhalten hat.

Dessenungeachtet mag es zweckmäßig erscheinen, hier wenigstens das Vorzüglichste von dieser Behandlungsart der Instrumente, die so lange als die bestmögliche gegolten hat, zur Kenntniß unserer Leser zu bringen.

Wir haben oben vorausgesetzt, daß der äußere, die Theilung tragende Kreis n n, an den Fußgestellen FB des Instrumentes fest und unveränderlich angebracht sey. Nehmen wir nun an, daß auch er, so wie der innere Kreis m m, sich um seine horizontale Axe AB bewegen lasse, und daß der äußere Kreis, mittelst einer eigenen Druckschraube an dieses Fußgestelle, so wie der innere durch seine Druckschraube an den äußern Kreis befestiget werden könne. Bei dieser Einrichtung wird man also, wenn man die Druckschraube des äußern Kreises anzieht, und dafür die Schraube des inneren Kreises lüftet, bloß den inneren sammt seinem Fernrohre bewegen, wie wir dieß bisher gethan haben. Wenn man aber im Gegentheile die Druckschraube des inneren Kreises feststellt und dafür die des äußeren öffnet, so wird man beide, jetzt mit einander verbundene Kreise, zugleich um ihre gemeinschaftliche horizontale Axe AB bewegen können. Auf diese abwechselnde Bewegung des inneren Kreises um den festen äußeren und der gemeinschaftlichen beiden unter sich verbundenen Kreise beruht das erwähnte Princip der Multiplikation, welches wir nun sogleich näher angeben wollen.

Man stellt zuerst den inneren Kreis durch seinen Vernier auf irgend einen bestimmten Theilstrich, z. B. auf Null-Grad des äußeren Kreises und befestiget jenen auf diesem durch seine Druckschraube. Dann öffnet man die Druckschraube des äußeren Kreises und dreht beide Kreise zugleich um ihre horizontale Axe AB, bis das Gestirn im Felde des Fern-

Digitized by Google

rohrs erscheint, worauf man den äußern Kreis wieder an sein Fußgestelle schließt und mit der feinen Mikrometer-Schraube dieses Kreises den horizontalen Faden des Fernrohrs genau auf den Stern bringt und die Zeit dieses Moments an der Uhr bemerkt. Nehmen wir an, die Kreise seyen während dieser Beobachtung auf der Ostseite der vertikalen Axe FB gestanden. Damit ist die erste Hälfte der Beobachtung vollendet, die aber, für sich allein, kein Resultat gibt, da der innere Kreis noch immer auf 0° des äußeren steht.

Man dreht nun beide Kreise um ihre vertikale Axe FB um 180 Grade, so daß die beiden Kreise jetzt auf die Westseite dieser Axe kommen, bis der Stern wieder in der Ebene dieser Kreise erscheint und löst dann, bei immer geschlossenem äußeren Kreis, den innern, und bewegt ihn sammt seinem Fernrohre so lange um seine horizontale Axe AB, bis der Stern zum zweitenmale in der Nähe des Fadens erscheint. In dieser Lage befestiget man den inneren Kreis durch seine Druckschraube wieder an den äußeren und bringt dann, durch die Mikrometer-Schraube dieses inneren Kreises, den horizontalen Faden des Fernrohrs genau auf das Gestirn.

Jetzt ist auch die zweite Hälfte der Beobachtung geendet, und da zwischen beiden das Fernrohr offenbar um die doppelte Zenithdistanz des Sterns auf dem äußeren Kreise fortgerückt ist, so wird auch das Ablesen dieses Kreises sofort die gesuchte doppelte Zenithdistanz des Gestirns geben.

Es ist aber für sich klar, daß man von dem jetzt gefundenen Punkte des äußeren Kreises eben so gut, wie zuvor von dem Nullpunkte desselben, ausgehen, und dieselbe Beobachtung, so oft man will, wiederholen kann. Man wird nämlich jetzt die beiden geschlossenen Kreise wieder in ihre erste Lage, wo der Kreis östlich von der vertikalen Axe steht, bringen, den äußeren Kreis lüften und ihn sammt den noch an ihm befestigten inneren so lange drehen, bis der Faden wieder den Stern deckt, worauf der äußere Kreis geschlossen, beide wieder auf die Westseite gedreht und dann der innere gelöst und so lange gedreht wird, bis der Faden wieder auf den Stern fällt, wo dann die zweite Ablesung des äußeren Kreises die vierfache Zenithdistanz des Sterns angeben wird. Ganz ebenso wird man auch die 6, 8, 10fache Zenithdistanz desselben erhalten. In der Ordnung wird man sich mit der doppelten oder vierfachen Zenithdistanz begnügen, und da diese Beobachtungen, mit einiger Uebung, schnell genug auf einander folgen, so wird es immer erlaubt seyn, die Höhenänderung des Gestirns während dieser Beobachtungen als der Zeit proportional oder als gleichförmig sich ändernd anzusehen. Dann wird man also auch das Mittel aus allen so erhaltenen Zenithdistanzen, d. h. den durch die Anzahl der Beobachtungen dividirten Bogen, welcher das Fernrohr durchlaufen hat, als die Zenithdistanz ansehen, die für das Mittel der sämmtlichen Beobachtungszeiten gehört. Gesetzt man habe im Anfange der Beobachtung den inneren Kreis auf 10° 5′ 30″ des äußeren gestellt und am Ende von zwei vollständigen oder doppelten Beobachtungen seinen Stand gleich 242° 50′ 40″ gefunden. Die Uhrzeiten der vier Momente, wo der Faden den Stern deckte, seyen 4^h 30′, 4^h 34′, 4^h 37′ und 4^h 43′, gewesen, so ist die Differenz von jenen beiden Ablesungen 232° 45′ 10″, und die Summe von diesen vier Uhrzeiten 18^h 24′. Nimmt man also von jeder dieser Zahlen den vierten Theil, so erhält man als Resultat dieser Beobachtungen, daß um 4^h 36′ Uhrzeit die einfache Zenithdistanz des Sterns gleich 58° 11′ 17.″5 ist.

Digitized by Google

§. 198. (Rectification des Multiplikationskreises.) Wir haben bisher vorausgesetzt, daß die Ebene der beiden Kreise vollkommen vertikal und die optische Axe des Fernrohrs zu dieser Ebene parallel ist. Allein durch welche Mittel kann man dieser Forderung genügen?

Zu diesem Zwecke muß man zuerst die vertikale Axe bE oder den stählernen Cylinder, der in seinem untersten Punkte auf der Spange a b c steht, und auf welchem eigentlich das ganze Instrument ruht, in eine auf dem Horizonte senkrechte Stellung bringen. Dieß wird man mittelst einer Libelle thun können, die man über jener Axe bei uu zwischen den zu dieser Absicht frei gelassenen Bogen der Säule EG aufstellt, welche den Unterstützungspunkt des oben erwähnten Hebels für das Gegengewicht trägt. Stellt man dann den Kreis, also auch diese Libelle mit der Linie, die durch zwei der drei Fußschrauben geht, z. B. mit der Linie KK' parallel, so soll z. B. der Mittelpunkt der Blase bei dem Theilstriche 10 stehen. Dreht man dann den Kreis um seine vertikale Axe FB um 180 Grade, bis er wieder mit der Linie KK' parallel ist, und zeigt in dieser Lage der Mittelpunkt der Blase z. B. 20, so wird man die eine oder die andere dieser beiden Fußschrauben K oder K' so lange bewegen, bis die Blase das Mittel jener beiden Zahlen, d. h. bis sie die Zahl 15 zeigt. Auf diese Weise bringt man es durch einige Wiederholungen dieses Verfahrens leicht dahin, daß die Libelle, in den beiden erwähnten Lagen des Kreises, immer dieselbe Zahl z. B. 15 zeigt. Dreht man dann den Kreis im Horizonte noch um 90 Grade gegen seine beiden vorigen Lagen, so daß jetzt der Kreis durch die dritte Fußschraube K'' geht, so wird man auch diese Fußschraube K'' so lange bewegen, bis die Libelle in dieser neuen Lage ebenfalls 15 zeigt, und dann wird die Libelle in allen Lagen des Kreises immer unverändert dieselbe Zahl geben, zum Zeichen, daß die erwähnte stählerne Axe des Instruments in der That vertikal ist. Sollte die Libelle bei dieser Bewegung des Kreises durch alle Punkte des Horizonts noch einen geringen Fehler dieser Vertikalität anzeigen, so wird man das so eben angezeigte Verfahren wiederholen, um dadurch diesen noch übrigen kleinen Fehler vollkommen wegzubringen.

Auf dieser vertikalen Axe ist nun in ihrem obern Endpunkte die horizontale Axe AB der beiden Kreise durch starke Schrauben im Innern des Würfels B befestiget. Diese horizontale Axe soll aber ebenfalls genau senkrecht auf jener vertikalen stehen. Es ist schon oben gesagt worden, daß die beiden Enden dieser horizontalen Axe frei stehen, damit man an sie die Haken einer zweiten Libelle anbringen kann. Hängt man nun diese Libelle in zwei einander entgegengesetzten Lagen an diese Axe, so daß derselbe Haken zuerst bei B und dann bei Q zu stehen kömmt, und zeigt sie z. B. in der ersten Lage 4 und in der andern 10, so wird man das eine Ende der horizontalen Axe durch die dazu bestimmte Schraube so lange erniedrigen oder erhöhen, bis die Libelle in beiden Lagen die Zahl 7 gibt, wo dann diese Axe AB horizontal und daher auf der Axe bE senkrecht stehen wird. Durch dieses Verfahren wird also auch die Ebene der beiden Kreise auf den Horizont senkrecht gestellt seyn, da der Künstler, wie bereits oben erinnert wurde, schon durch die Einrichtung seiner Drehbank den Kreis senkrecht auf seine Axe gestellt hat.

Noch ist übrig, die optische Axe des Fernrohrs mit der Ebene dieser Kreise parallel zu stellen. Zu diesem Zwecke wird man zuerst den horizontalen Faden desselben, durch eine sanfte Bewegung des Fernrohrs, längs einem scharf begränzten und sehr entfernten terrestrischen Gegenstande hinlaufen lassen und ihn mittelst der dazu bestimmten Schraube

Digitized by Google

um seinen Mittelpunkt so lange drehen, bis der Faden, seiner ganzen Länge nach, immer scharf auf dem Objekte bleibt. Dann stellt man auch den zweiten oder vertikalen Faden, oder eigentlich nur den dem horizontalen zunächst stehenden Theil desselben, auf jenen terrestrischen Gegenstand und liest dabei den Azimutalkreis M ab. Jetzt dreht man die Kreise auf die entgegengesetzte Seite der vertikalen Axe bE, bis der Horizontalkreis genau 180 Grade mehr zeigt, als in der ersten Lage, und sieht nun zu, ob der vertikale Faden auch in dieser zweiten Lage das terrestrische Objekt wieder genau treffe. Hat dieß nicht statt, so verbessert man die Hälfte des so gefundenen Fehlers durch diejenige Schraube, welche das Fadennetz in horizontaler Richtung zu bewegen bestimmt ist. Eine Wiederholung dieses Verfahrens wird den noch übrig gebliebenen Fehler bald bis zur völligen Unmerklichkeit desselben vermindern.

§. 199. (Theodolit.) Dieses Instrument unterscheidet sich nicht wesentlich von dem Multiplikationskreise; die Bauart und Einrichtung ist in beiden dieselbe, nur daß bei dem Multiplikationskreise der Höhenkreis, bei dem Theodoliten aber der Horizontalkreis der wichtigere und daher auch der mit mehr Sorgfalt von dem Künstler ausgearbeitete ist. Aus dieser Ursache wird auch der Theodolit mehr zu geodätischen Messungen, für irdische Gegenstände, gebraucht, wo man vorzüglich die horizontale Distanz derselben sucht, während der Multiplikationskreis, wie wir gesehen haben, besonders zur Beobachtung der Höhe der Gestirne bestimmt ist. Es wäre aber wünschenswerth, beide Kreise bei beiden Instrumenten gleich groß und gleich gut zu machen, damit jedes derselben zu dem geodätischen sowohl, als astronomischen Zwecke brauchbar werde.

Der Theodolit ist in Fig. 109 vorgestellt. Man sieht hier wieder die drei starken Fußschrauben K, K', K'' des dreiarmigen Fußgestells; diese Arme sind an ihren Enden, wo sie die Fußschrauben aufnehmen, in zwei Theile gespalten, und diese Theile können durch eigene Seitenschrauben k, k', k'' einander genähert werden, um jede Wankung der Fußschrauben zu verhindern. Diese letzten Schrauben laufen an ihren unteren Enden in eine konische Stahlspitze aus, die in einer ähnlichen konischen Vertiefung einer starken Metallscheibe y, y', y'' sich bewegt, welche Scheiben an ihrer untern Seite mit anderen drei kurzen, konischen Stahlspitzen versehen sind, womit sie fest und unverrückbar auf dem Beobachtungstische P aufliegen. An der untern Seite dieser drei Arme des Fußgestelles ist wieder (wie bei Fig. 107) die metallene Spange aKe angeschraubt. Auf dieser Spange steht die eigentliche vertikale Drehungsaxe FE des Theodoliten, die sich in dem hohlen Cylinder QQ' frei bewegt, und an deren oberen Ende der Horizontalkreis RR' senkrecht auf jene Axe befestiget ist. Dieser Horizontalkreis ist entweder ein einfacher Kreis, über dessen Ebene eine in dem Mittelpunkte desselben, unter E, an die Axe FE befestigte Alhidade, die an ihrem anderen Ende mit einem Verniere versehen ist, auf und ab läuft, oder er besteht, wie bei dem Multiplikationskreise, aus zwei koncentrischen Kreisen, von welchen der äußere oder größere durch eine eigene Druckschraube an die Hülse QQ' der vertikalen Axe FE befestiget werden kann, während der innere, das Fernrohr und den Höhenkreis tragende Kreis sich entweder innerhalb des festen äußeren frei drehen oder, wenn er durch seine Druckschraube an diesen äußeren Kreis befestiget wird, mit diesem zugleich um die Axe FE rotiren kann, um dadurch die gemessenen horizontalen Winkel auf dieselbe Weise zu multipliciren, wie dieß oben für das in Fig. 107 abgebildete Instrument bei den Höhenwinkeln gezeigt worden ist.

Digitized by Google

In beiden Fällen sind auf dem inneren Kreise RR' vertikale Säulen s, befestiget, die an ihren oberen Enden die horizontale Drehungsaxe AB des Instruments tragen. Senkrecht auf diese Drehungsaxe ist der Vertikalkreis TT' des Theodoliten und das Fernrohr CND desselben befestiget. Dieser Vertikalkreis ist ebenfalls entweder ein einfacher Kreis mit seiner an der Axe AB befestigten Alhidade, de, oder er ist ein doppelter koncentrischer Kreis, auf dieselbe Art, wie in Fig. 107 eingerichtet, um damit auch die Höhen multipliciren zu können. Das Fernrohr CND ist in seiner Mitte bei N unter einem rechten Winkel gebrochen, wo dann ein im Innern des Rohrs bei N angebrachter kleiner Spiegel die von dem Objektive D nach der Richtung DN einfallenden Strahlen in die darauf senkrechte Richtung NC nach dem Okular C zu reflektirt. Bei dieser Einrichtung des Fernrohrs wird also das Auge des Beobachters bei C immer das Gestirn, es mag hoch oder niedrig stehen, in der horizontalen Richtung der Linie CN erblicken, zu welchem Ende demnach die eine Hälfte NC der Drehungsaxe durchbohrt oder hohl seyn muß. Damit die Drehungsaxe AB durch die Objektivhälfte ND des Fernrohrs nicht schief gedrückt wird, ist das Gegengewicht H an der Stange NH angebracht. Um endlich den Höhenkreis TT' in jeder seiner Lagen fest zu stellen, wird man die Druckschraube n, die unmittelbar auf die Drehungsaxe AB wirkt, anziehen. Um dann dem so befestigten Kreis sammt seinem Fernrohre doch noch eine kleine Bewegung zu geben, durch welche man den Faden des Fernrohrs genau auf den Stern bringen kann, ist eine eigene Vorrichtung hL mit ihrer Mikrometerschraube mh angebracht, die ganz der bei dem Meridiankreise (Fig. 105) bei c'd' und 1 h beschriebenen ähnlich ist und daher hier keiner weiteren Erläuterung bedarf.

§. 200. (Gebrauch und Rectifikation des Theodoliten.) Wenn der Kreis RR' und die Drehungsaxe AB bereits horizontal, und wenn der Höhenkreis TT' so wie die optische Axe des Fernrohrs bereits senkrecht auf der Drehungsaxe AB, also auch senkrecht zu dem Horizonte gestellt sind, so wird man, wenn das Instrument nicht multiplicirt oder wenn die beiden äußeren Kreise RR' und TT' fest sind, bei der Beobachtung mit diesem Instrumente auf folgende Weise verfahren.

Gesetzt, man wollte den Winkel, welchen zwei Thurmspitzen in dem Auge des Beobachters bilden, und zugleich die Differenz der Höhen dieser Spitzen über dem Horizonte finden. Zu diesem Zwecke wird man also den Höhenkreis TT' sammt dem Fernrohre um die Vertikalaxe FE, und zugleich das Fernrohr ND um seine Horizontalaxe AB so lange drehen, bis die Spitze des einen Thurms im Felde des Fernrohrs nahe bei dem Durchschnitte der beiden Kreuzfäden desselben erscheint. Jetzt werden beide Kreise RR' und TT' durch ihre Druckschrauben geschlossen und der Fadendurchschnitt, mit Hülfe der Mikrometerschrauben dieser beiden Kreise genau auf die Thurmspitze gebracht, wo dann die beiden Kreise abgelesen werden. Dann werden sie wieder gelüftet und so lange gedreht, bis auch die zweite Spitze im Felde des Fernrohrs erscheint, wo dasselbe Verfahren wiederholt und die Stellung der beiden Kreise wieder abgelesen wird. Die Differenz der beiden Lesungen an dem Kreise RR' gibt dann den gesuchten Horizontalwinkel der beiden Thürme, so wie die Differenz der beiden Lesungen des Kreises TT' die gesuchte Höhendifferenz der Spitzen dieser Thürme geben wird.

Will man die absolute Höhe dieser Objekte selbst kennen, so wird man zuerst den Zenithpunkt des Höhenkreises TT' durch die oben (§. 191) erwähnten Methoden bestimmen. Man wird z. B. die Höhe irgend eines weit entfernten und scharf begränzten Gegenstandes in zwei entgegenge-

Digitized by Google

setzten Lagen des Instruments beobachten, indem bei der ersten Beobachtung der Kreis TT' rechts und in der zweiten links von dem Fernrohre ND steht. Diese Differenz der beiden Lesungen oder der während dieser beiden Beobachtungen von dem Fernrohre durchlaufene Bogen wird die doppelte Zenithdistanz des Objekts seyn. Da man dadurch die einfache, wahre Zenithdistanz und die ihr, in beiden Lagen des Kreises entsprechende Theilzahl kennt, so weiß man auch, welche konstante Größe man von jeder Lesung an diesem Kreise abzuziehen oder zu ihm hinzuzusetzen hat, um in jeder anderen Beobachtung sogleich wieder die wahre Zenithdistanz des Gegenstandes zu erhalten.

Stellt man ebenso den Nullpunkt des Horizontalkreises RR' in der Ebene des Meridians auf, oder, was dasselbe ist, weiß man, welcher Punkt dieses Horizontalkreises dem Meridiane entspricht, so wird man auch alle an diesem Kreise abgelesenen Bogen nur von jenem Meridianpunkte an zählen, oder von jeder Lesung an diesem Kreise eine bekannte Konstante abziehen, um sofort auch die Azimute der beobachteten Gegenstände zu erhalten.

Alles dieß setzt aber voraus, daß von den beiden Kreisen RR' und TT', so wie von den beiden Axen AB und FE die eine horizontal und die andere genau vertikal sey. Dieser Forderung zu genügen oder das Instrument zu rektificiren, wird man ganz so, wie oben (§. 198) bei dem Multiplikationskreise gesagt worden ist, verfahren.

Um zuerst die vertikale Drehungsaxe FE vollkommen senkrecht auf den Horizont zu stellen, wird man sich einer Libelle bedienen, die mit ihren zwei Füßen auf die cylindrischen Enden der Axe AB aufgestellt wird, so daß die Glasröhre der Libelle zwischen den Speichen des Kreises TT' zu stehen kommt. Dann stellt man diese Axe AB parallel zu zwei Fußschrauben KK' und verbessert, bei der jedesmaligen Umdrehung des Kreises um 180 Grade, die eine dieser beiden Fußschrauben so lange, bis die Mitte der Blase in beiden Lagen des Instruments immer denselben Punkt zeigt. Ist z. B. 12 der Theilstrich, bei welchen die Mitte dieser Blase in der ersten Lage steht, und ist 20 derselbe für die zweite Lage des Instruments, so wird in der zweiten Lage die erwähnte Fußschraube so bewegt, daß die Mitte der Blase zu dem Theilstrich 16 oder zu dem Mittel von jenen beiden komme. Ist dieß berichtigt, so wird die Axe AB in eine auf die beiden vorigen senkrechte Lage gebracht, und bloß durch die dritte Fußschraube die Mitte der Libelle wieder auf den Theilstrich 16 zurückgeführt. Zeigt dann die Libelle, bei allen Richtungen der Axe AB, immer denselben Punkt, so wird die Axe FE vollkommen vertikal oder der von dem Künstler auf diese Axe senkrecht abgedrehte Kreis RR' wird vollkommen horizontal seyn, wodurch die erste der oben erwähnten Bedingungen erfüllt ist.

Allein nun ist es noch möglich, daß die beiden Stützen fg, welche die horizontale Drehungsaxe AB tragen, von ungleicher Länge sind, wo dann die auf dieser Stütze ruhende Axe AB nicht mehr horizontal, also auch der auf diese Axe AB von dem Künstler bereits senkrecht abgedrehte Kreis TT' auch nicht mehr vertikal seyn würde, worin doch die zweite Bedingung besteht, die statt haben muß, wenn das Instrument in der That zu Beobachtungen tauglich seyn soll. — Um nun auch dieser Forderung zu genügen, wird man dieselbe Libelle, ohne übrigens jetzt den Kreis selbst weiter zu bewegen, zuerst in einer und dann in der entgegengesetzten Lage auf die Endpunkte der Axe AB stellen, so daß derselbe Fuß der Libelle zuerst nach A und dann nach B kömmt. Steht die Libelle in diesen beiden Lagen derselben bei verschiedenen Theilstrichen, so

Digitized by Google

wird man durch eine eigens dazu bestimmte Schraube, die an der einen der Stützen fg bei Z angebracht ist, diese Stütze etwas erhöhen oder erniedern, bis die Libelle in der Mitte zwischen jenen beiden abgelesenen Theilstrichen steht, und dieses Verfahren wird man so lange wiederholen, bis die Libelle in ihren beiden Lagen immer denselben Theilstrich zeigt, wo dann die Drehungsaxe AB horizontal oder dem Kreise RR' parallel, und zugleich der Kreis TT' gegen den Horizont senkrecht seyn wird.

Um endlich auch noch die optische Axe des Fernrohrs mit dem Kreise TT' parallel zu stellen, wird man den senkrechten Faden desselben auf irgend ein scharf begränztes terrestrisches Objekt richten und dann die Axe AB sammt Fernrohr und Höhenkreis aus ihren beiden Lagern bei A und B herausheben, um es in verkehrter Stellung, so daß jetzt das Axenende A auf das Lager B komme, wieder in diese Lager zurückbringen. Wird jetzt das Fernrohr wieder auf das terrestrische Objekt zurückgebracht, und weicht der Faden etwas von demselben ab, so wird man die Hälfte des bemerkten Fehlers durch die Schraube bei A verbessern, welche bestimmt ist, das Fadennetz in horizontaler Richtung zu bewegen.

§. 201. (Aequatorial.) Wenn man einen Höhenkreis, wie z. B. den in Fig. 107 beschriebenen, so aufstellen wollte, daß die früher verticale oder auf dem Horizonte senkrechte Drehungsaxe FE jetzt auf dem Aequator senkrecht steht, d. h. daß diese Axe in der Ebene des Meridians aufgestellt, mit dem Horizonte einen Winkel bildet, der gleich der Polhöhe des Beobachtungsorts ist, so würde man ein Aequatorial haben, wie dasselbe in Fig. 110 abgebildet erscheint. Dieses Instrument ist also von einem Höhenkreise nur in der Aufstellung seiner Axe wesentlich verschieden. Bei dem Höhenkreise geht diese Drehungsaxe nach dem Zenithe, bei dem Aequatorial aber nach dem Pole des Aequators, oder dort steht die Axe senkrecht auf dem Horizonte, während diese Axe EF (Fig. 110) hier der Weltaxe parallel liegt; dort stellt also auch der auf diese Axe senkrechte Kreis M (Fig. 107) den Horizont vor, während hier dieser Kreis AA' (Fig. 110) mit dem Aequator parallel ist; dort endlich liegt der verticale Kreis mn (Fig. 107) immer in der Ebene eines Höhenkreises, während hier dieser Kreis BB'' (Fig. 110), wie man ihn auch um die ihm parallele Axe EF drehen mag, da seine Ebene stets durch diese Axe gehend angenommen wird, immer in dem Declinationskreise derjenigen Sterne liegt, durch welche seine Ebene geht. So wie daher bei dem Höhenkreise (Fig. 107) der Kreis M die Azimuthe und der Kreis mn die Zenithdistanzen der Gestirne zu geben bestimmt ist, so wird bei dem Aequatorial (Fig. 110) der auf die Drehungsaxe EF senkrechte Kreis AA die Stundenwinkel, und der mit dieser Axe parallele Kreis BB'' die Polstistanzen der Sterne, die man eben durch das Fernrohr CD beobachtet, zu geben bestimmt seyn.

Man stelle sich also eine senkrechte, auf dem Tische oder in dem Boden befestigte Säule P vor, an dessen oberem Ende eine andere cylindrische Säule EF so aufliegt, daß sie der Weltaxe parallel ist und sich um ihre eigene Axe drehen läßt. Das untere Ende E dieses Cylinders geht durch einen auf ihn senkrecht gestellten, an der Säule P befestigten Kreis. Durch das obere durchbohrte Ende F dieses Cylinders aber geht, ebenfalls auf ihm senkrecht, die Axe FG eines andern Kreises BB'', dessen Ebene also, da überhaupt jeder Kreis BB'' auf seiner Axe FG schon von dem Künstler senkrecht gestellt wird, mit der cylindrischen Säule EF parallel ist. Diesem Kreise BB' gegenüber ist das mit Blei gefüllte Gegengewicht H angebracht, um dem schiefen Druck dieses Kreises auf die Rotationsaxe EF entgegen zu wirken. Mit diesem letzten Kreise BB'

Digitized by Google

ist das Fernrohr CD so verbunden, daß es sich um den Mittelpunkt des Kreises, parallel zu der Ebene desselben, bewegen läßt, und daß es, während seiner Bewegung, eine Alhidade mm' mit sich führt, die an einem oder auch an beiden ihrer Enden mit einem Verniere versehen ist. Eine ähnliche Alhidade nn' steht man auch bei dem anderen Kreise AA' und diese ist an die Drehungsaxe EF befestigt, so daß sich der Vernier n' derselben mit jener Axe EF zugleich über die Ebene dieses Kreises AA' hin bewegt. Bei A und B steht man zugleich die Druckschrauben, durch welche die Alhidaden nn' und mm', die man sich hier in der Gestalt eines vierarmigen Kreuzes vorstellen kann, an ihren Kreisen festgestellt werden können, sowie die längeren Mikrometerschrauben Aa und Bb, durch welche man, auch wenn jene Druckschrauben angezogen sind, der Alhidade doch noch eine kleine Bewegung geben kann, um (wie oben §. 188) den Faden des Fernrohrs genau auf den beobachteten Stern zu stellen.

Denken wir uns also die Drehungsaxe FE des Aequatorials genau der Weltaxe parallel aufgestellt und das Instrument in allen seinen Theilen berichtiget. Dreht man dann diese Axe FE um sich selbst, so wird auch die an die Axe befestigte Alhidade nn', sowie der Deklinationskreis BB'' sammt seinem Fernrohre CD sich um diese Axe bewegen, während der Aequatorialkreis AA', der an der Säule P unveränderlich befestiget ist, allein in Ruhe bleibt. Dreht man auf diese Weise die Axe FE so lange, bis der Vernier n' auf dem höchsten Punkte des Kreises AA', also im Meridian steht, so wird dann auch der Deklinationskreis BB'' in der Ebene des Meridians seyn und senkrecht auf dem Horizonte stehen. Bewegt man in dieser Lage des Instruments das Fernrohr, parallel mit seinem Kreise, so lange, bis der Durchschnitt des Kreuzfadens auf einem Gestirne steht, so wird die Alhidade bei m oder m' die Poldistanz dieses Gestirns anzeigen, während die Alhidade n', die bei dem mit Null bezeichneten Theilstriche des Kreises AA' steht, anzeigt, daß der Stundenwinkel des Gestirns gleich Null ist, wie es seyn soll, da der Stern eben durch die Ebene des Meridians geht. Dreht man dann die Axe EF noch weiter z. B. um 30 Grade oder, was dasselbe ist, um 2 Stunden, gegen Westen, so rückt dadurch die mit dieser Axe verbundene Alhidade nn' auf ihrem festen Aequatorialkreise AA' ebenfalls um 30 Grade gegen West oder in der Richtung AnA' vor, und ganz eben so viel dreht sich auch der ebenfalls an jener Axe EF befestigte und mit ihr immer parallele Kreis BB' sammt seinem Fernrohre gegen West weiter, so daß also jetzt die Ebene dieses Kreises, und daher auch die mit ihm parallele optische Axe des Fernrohrs, in der Ebene desjenigen Deklinationskreises liegt, der zwei Stunden westlich von dem Meridian entfernt ist. In dieser Lage des Instruments wird also jeder Stern, den man in dem Durchschnitte des Kreuzfadens des Fernrohrs erblickt, in diesem Augenblicke den Stundenwinkel von 30 Graden oder von 2 Stunden haben, weil die Alhidade nn' des Kreises AA' auf den Theilstrich von 30 Graden steht, und die Poldistanz dieses Sterns wird unmittelbar durch die Alhidade m oder m' des anderen Kreises BB' angegeben werden.

Man sieht daher, daß man mit einem solchen Instrumente unmittelbar den Stundenwinkel und die Poldistanz eines Gestirns angeben kann. Bewegt man nämlich den Kreis BB' um die Drehungsaxe EF des Instruments so, daß die Ebene dieses Kreises, wenn man sie bis an den Himmel erweitert gedenkt, durch den Stern geht, und bewegt man dann das Fernrohr CD, parallel mit seinem Kreise BB' so, daß der

Digitized by Google

Stern im Durchschnitte der Fäden erscheint, so wird die Alhidade mm' dieses Kreises BB' die Poldistanz, und die Alhidade nn' des Kreises AA' den Stundenwinkel dieses Gestirns anzeigen. Kennt man überdieß, durch Hülfe einer bereits berichtigten Uhr, die Sternzeit dieser Beobachtung, so wird man nur den durch das Instrument gegebenen Stundenwinkel von dieser Sternzeit subtrahiren, um sofort auch (Einl. §. 28) die Rectascension des beobachteten Gestirns zu erhalten. Das Aequatorial gibt also durch jede einzelne Beobachtung, wenn die Sternzeit derselben bereits bekannt ist, die Rectascension und Poldistanz des beobachteten Gestirns, wodurch die Lage des Gestirns am Himmel vollkommen bestimmt ist. Man sieht zugleich, daß von den beiden Kreuzfäden des Fernrohrs der eine, der Stundenfaden, dem Kreise BB' parallel und der andere, der Deklinationsfaden, auf dem Kreis BB' senkrecht, also mit dem andern Kreise AA' parallel gestellt seyn muß.

§. 202. (Vortheile, welche das Aequatorial bei den Beobachtungen gewährt.) Man hat so eben gesehen, daß man durch dieses Instrument die Rectascension und Poldistanz der Gestirne unmittelbar bestimmen kann. Da dieß die gewöhnliche Art ist, durch welche die Astronomen die Orte der Gestirne am Himmel angeben, so muß auch ein solches Instrument dem Beobachter vorzüglich willkommen seyn. Allein es gibt wohl nur wenige so vollkommen gebaute Aequatoriale, mit welchen man die Rectascension oder eigentlich den Stundenwinkel und die Poldistanz der Gestirne in der That unmittelbar und mit derjenigen Schärfe bestimmen kann, die man bei den so genauen Beobachtungen unserer Zeit zu fordern berechtigt ist. Bei den weniger sorgfältig gebauten Instrumenten dieser Art, die man parallaktische Maschinen nennt, pflegt man das Fernrohr derselben in der Nähe des zu beobachtenden Gestirns, z. B. eines Planeten, aufzustellen und dann diesen Planeten sowohl, als auch einen ihm nahen, bekannten Fixstern durch das, während dieser Beobachtungen unbewegt oder ruhend bleibende Fernrohr, durchgehen zu lassen, woraus man dann, zwar nicht mehr die absolute Rectascension und Poldistanz, aber doch die Differenz der Rectascension und Poldistanz des Planeten und des Sterns, also auch, wenigstens mittelbar, den Ort des Planeten erhält, da jener des Sterns schon bekannt ist. Wir werden diese sehr nützliche und anwendbare Beobachtungsart weiter unten näher kennen lernen. Hier wollen wir nur bemerken, daß, wenn das Fernrohr in der That während des Durchganges beider Gestirne unverrückt bleiben soll, die Beobachtung nur auf solche Fixsterne beschränkt bleibt, die, wenigstens in ihrer Poldistanz, nicht weiter von dem Planeten abstehen, als der Durchmesser des Feldes des Fernrohrs beträgt. Dieser Durchmesser erstreckt sich aber bei stärkeren Vergrößerungen, die hier immer vorzüglich wünschenswerth sind, nur auf fünf bis zehn Minuten, und es findet sich nur zu oft, daß man in solcher Nähe keine wohlbekannten Sterne findet, die man mit dem Planeten vergleichen kann, um daraus den Ort des letzteren am Himmel zu bestimmen. In diesem Falle sind also die sorgfältiger gearbeiteten und größern Aequatoriale, wie die von Reichenbach, von ganz vorzüglichem Nutzen, da man bei ihnen, wenigstens das Fernrohr an seinem Kreise BB' um mehrere Grade verrücken und die Differenz der Poldistanzen beider Gestirne an diesem Kreise mit großer Sicherheit ablesen kann. Dabei bleibt also die Alhidade nn' des Aequatorkreises AA' und daher auch die Ebene des Kreises BB' selbst unverrückt, und man beobachtet eigentlich beide Gestirne in demjenigen Deklinationskreise des Himmels, durch welchen die Ebene des Kreises BB' in dieser seiner Stel-

Digitized by Google

lung geht, oder, wenn man lieber will, man beobachtet jetzt die beiden Gestirne gleichsam wieder durch ein ruhendes Fernrohr, dessen Feld aber, selbst bei einer sehr starken Vergrößerung, einen Durchmesser von fünf bis zehn Graden hat, wodurch die oben erwähnte Beschränkung in der Auswahl der passenden Sterne beinahe gänzlich beseitiget wird. Auf der Sternwarte in Wien werden Beobachtungen dieser Art an dem Aequatorial von Reichenbach seit mehreren Jahren angestellt, und sie harmoniren, wie die Annalen dieser Sternwarte zeigen, sehr gut mit den gleichzeitigen Beobachtungen an dem Meridiankreise, so daß es fortan, wenn nur die zur Vergleichung gewählten Sterne genau bestimmt sind, nicht mehr nothwendig ist, die Planeten bloß zur Zeit ihrer Kulmination zu beobachten, sondern daß man sie ganz eben so gut zu jeder bequemen Abendstunde und überhaupt in jedem von der Witterung begünstigten Augenblicke nicht nur, wie in dem Meridian, einmal, sondern selbst wiederholt beobachten und auch mit mehreren Sternen vergleichen kann.

Aber auch außer den eigentlichen astronomischen Beobachtungen gewährt das Aequatorial so wesentliche Vortheile, daß diese parallaktische Aufstellung der Fernröhre, wenigstens der größeren, allgemein eingeführt zu werden verdient. Auf welchem Punkt seines Kreises BB' nämlich das Fernrohr CD gestellt wird, so beschreibt dasselbe, wenn man das Instrument um seine große Axe EF dreht, einen Kegel, dessen Axe eben diese Linie EF, d. h. die Weltaxe selbst ist, oder mit anderen Worten, das bis an den Himmel verlängerte Fernrohr beschreibt daselbst einen Kreis, dessen Pol zugleich der Pol des Aequators ist. Allein einen ganz ähnlichen Kreis beschreibt auch jeder Stern am Himmel während seiner täglichen Bewegung um die Axe der Erde, woraus also folgt, daß das Fernrohr, wenn es einmal auf einen, dem Pole nahen oder fernen Stern gestellt und dann mittelst seiner Druckschraube bei B an seinem Kreis BB' geklemmt wird, nur entweder sanft mit der Hand oder besser mit einer eigenen Vorrichtung um die Axe EF gedreht werden darf, um den Stern, den ganzen Tag durch, immer unverrückt in der Mitte des Gesichtsfeldes zu erhalten. Ganz anders verhält sich dieß bei einem Fernrohre, das wie in Fig. 107 aufgestellt ist, oder welches, wie gewöhnlich der Fall ist, bloß eine vertikale und eine horizontale Bewegung hat. Denn da die Gestirne in ihrem täglichen Gange um die Erde keine von diesen beiden, sondern vielmehr eine kreisförmige Bewegung haben, so geschieht es nur zu oft, besonders bei stärkeren Vergrößerungen, daß der Beobachter den Stern, wenn er dem Rande des Fernrohrs zu nahe tritt, aus dem Gesichtsfelde verliert, wo er dann oft nicht ohne Mühe wieder aufgesucht werden muß, was bei einem parallaktisch aufgestellten Fernrohre nie besorgt werden darf.

Dazu kömmt noch, daß diese parallaktische Aufstellung das beste und bequemste Mittel gewährt, die Gestirne selbst bei Tage zu sehen oder auch bei Nacht diejenigen lichtschwachen Gestirne aufzusuchen, die man mit unbewaffneten Augen nicht mehr bemerken kann. Wenn man z. B. mit einem wie in Fig. 107 aufgestellten Fernrohre Mars oder Jupiter am Tage oder auch die vier kleinen neuen Planeten bei Nacht sehen will, so muß man für die Zeit der Beobachtung ihr Azimut und ihre Höhe kennen, die man nur durch umständliche Berechnungen finden kann. Stellt man dann die Alhidade des Kreises M auf das Azimut und die des Kreises mn auf die Höhe oder Zenithdistanz des Sterns, so wird man den gesuchten Stern in dem Felde des Fernrohrs erblicken. Ist man aber im Besitze eines Aequatorials oder einer parallaktischen Maschine, so wird man für jede gegebene Sternzeit, in welcher man ein

Digitized by Google

seiner Lage am Himmel nach bekanntes Gestirn beobachten will, nur von dieser Sternzeit die bekannte Rectascension des Sterns subtrahiren, um den Stundenwinkel (I. §. 28) desselben zu erhalten. Stellt man dann die Alhidade nn' des Kreises AA' (Fig. 110) auf diesen Stundenwinkel und die Alhidade mm' des Kreises BB' auf die Poldistanz des Sterns, so wird man auch das gesuchte Gestirn sofort in dem Felde des Fernrohrs CD erblicken. Diese Rectascension und Poldistanz aber ist für alle Planeten und für viele Tausende von Fixsternen bereits in unseren Sternkatalogen und astronomischen Ephemeriden enthalten, aus welchen man sie daher nur, ohne alle Rechnung, nehmen darf, um das gesuchte Gestirn auch sofort in seinem Fernrohre sehen und beobachten zu können.

Wenn aber das Fernrohr sehr lang oder schwer ist, wie bei dem Spiegeltelescope, so kann man dasselbe nicht mehr gut mit einer parallaktischen Aufstellung verbinden. In diesem Falle wird es in England zwischen einem starken Gerüste aufgestellt, wie man in Fig. 111 sieht. Hier wird die vertikale Bewegung des Fernrohrs durch die in der Zeichnung sichtbaren Schnüre, die horizontale aber dadurch hervorgebracht, daß das Instrument sammt seinem Gerüste mittels vier Rollen auf der Peripherie einer kreisförmigen, horizontalen Unterlage, ebenfalls durch Schnüre oder Kurbeln herumgeführt wird. Um und über das Ganze wird ein Thurm mit einem beweglichen Dache erbaut, dessen Oeffnung man auf diejenige Stelle des Himmels bringt, die man eben beobachten will.

§. 203. (Rectifikation der Aequatorials.) Alles Vorhergehende setzt aber voraus, daß das Instrument in allen seinen Theilen so weit berichtigt ist, daß das Fernrohr, wenn es auf den Stundenwinkel und die Poldistanz eines Sterns gestellt wird, diesen Stern wenigstens in der Nähe des Durchschnittes seines Fadenkreuzes, wenn auch nicht genau in diesem Durchschnitte zeige. Dazu werden nun mehrere vorbereitende, die Stellung des Instruments betreffende Rectifikationen erfordert, von welchen die vorzüglichsten folgende sind.

1. Soll die Rotationsaxe EF des Instruments in der Ebene des Meridians liegen. 2. Soll diese Axe gegen den Horizont um die Polhöhe des Beobachtungsortes gegen Nord geneigt seyn. 3. Sollen die Alhidaden mm' und nn' der beiden Kreise so gestellt seyn, daß der erste auf Null steht, wenn das Fernrohr nach dem Pole des Aequators gerichtet ist, und daß auch der zweite auf Null steht, wenn der Kreis BB' oder sein Fernrohr CD in der Ebene des Meridians ist. 4. Soll der Kreis BB' mit der Rotationsaxe EF parallel seyn, und endlich soll auch 5. die optische Axe des Fernrohrs CD mit ihrem Kreise BB' sich parallel bewegen.

Den beiden letzten Forderungen wird man am besten auf folgende Art entsprechen. — Es wurde bereits oben (§. 201) gesagt, daß das Aequatorial nichts anderes als ein Höhenkreis ist, dessen vertikale Axe FE man schief gegen den Horizont und zwar mit der Weltaxe parallel legt. Nun wird man sich leicht eine einfache Vorrichtung, etwa nur von Holz verschaffen, durch welche man das Aequatorial so aufstellt, daß seine Drehungsaxe FE wieder in seine ursprüngliche oder vertikale Lage zurückkömmt. Dann wird man also wieder einen Höhenkreis haben und an ihm jene beiden Fehler 4 und 5 ganz ebenso berichtigen, wie dieß oben (§. 198) bei dem Höhenkreis gesagt worden ist. Man wird nämlich dann, nachdem man die Axe EF durch das oben angezeigte Verfahren auf den Horizont genau senkrecht gestellt hat, den Kreis BB' mit seiner vertikal stehenden Axe EF parallel machen, wenn man die Häng-

Digitized by Google

libelle in zwei einander entgegengesetzten Lagen an die Axe FG dieses Kreises BB' anhängt und dadurch diese Axe FG horizontal, d. h. den Kreis BB' selbst vertikal oder mit der bereits vertikal stehenden großen Drehungsaxe FE parallel stellt. Und eben so wird man die optische Axe des Fernrohrs mit der Ebene des Kreises BB' parallel stellen, wenn man das Fernrohr in zwei einander entgegen gesetzten Lagen auf dasselbe terrestrische Objekt stellt. Dieses Verfahren hat noch den Vortheil, daß man, wenn durch das so aufgestellte Aequatorial die Zenithdistanz irgend eines terrestrischen Objekts mit umgewendetem Kreise zweimal beobachtet, (wie oben §. 191) den Zenithpunkt des Kreises BB' erhält. Wenn diese Berichtigungen vorüber sind, so legt man die Rotationsaxe EF wieder in ihr, der Weltaxe wenigstens beinahe paralleles Lager rr zurück und bringt den Kreis BB' mittelst einer an seiner Axe FG aufgehängten Libelle in eine auf dem Horizonte senkrechte Stellung.

Um dann die Drehungsaxe EF ganz genau in die Ebene des Meridians sowohl, als auch in die gehörige Neigung gegen den Horizont zu bringen, wird man einen Stern, am besten den Polarstern, einige Minuten vor seiner Kulmination mit dem Fernrohre verfolgen, und durch einen Gehülfen den einen Endpunkt E oder F der Drehungsaxe so weit östlich oder westlich bewegen lassen, daß der Stern im Augenblicke der Kulmination genau auf den dem Kreise BB' parallelen Faden, d. h. auf den Stundenfaden des Fernrohrs trifft, und dann wird die Rotationsaxe EF in der Ebene des Meridians liegen, oder die oben angeführte erste Forderung wird erfüllt seyn.

Allein dann wird diese im Meridian liegende Axe vielleicht noch einen Winkel mit dem Horizonte bilden, der von der Polhöhe des Beobachtungsortes verschieden ist. Um daher auch diese zweite Stellung der Axe noch zu berichtigen, wird man bemerken, daß der oben gefundene Zenithpunkt des Kreises BB' jetzt in der dem Aequatorial eigenthümlichen Lage, den Polpunkt dieses Kreises bildet. Dieß ist nämlich derjenige Punkt des Kreises BB', dessen Halbmesser der Rotationsaxe EF parallel ist, und der daher, wenn man ihn bis an die Sphäre des Himmels verlängert, durch den Pol des Aequators gehen soll. Da man aber die Poldistanz des Polarsterns, wie sie durch die Refraction verändert wird, ebenfalls schon kennt, so wird man das bereits in der Ebene des Meridians liegende Fernrohr auf denjenigen Punkt des Kreises BB' stellen, der von dem Polpunkte desselben um diese Poldistanz des Sterns entfernt ist, und nun zusehen, ob im Augenblicke der Kulmination der Stern, nicht nur wie zuvor auf den Stundenfaden, sondern auch auf den Declinationsfaden des Fernrohrs trifft. Ist dieß nicht der Fall, so wird man durch den Gehülfen einen der beiden Endpunkte E oder F so viel höher oder tiefer schrauben lassen, bis der Deklinationsfaden den Stern genau bedeckt, und dann wird also auch die zweite der oben genannten Bedingungen erfüllt seyn.

Liest man endlich in der so erhaltenen Stellung des Instruments die Verniere der beiden Alhidaden ab, und findet man z. B., daß der Vernier nn' des Kreises AA' bei der Zahl 0^h 4' 10", und daß der Vernier mm' des Kreises BB' bei der Zahl 1° 32' 6" steht, während die Sternzeit der Beobachtung, wo der Stern im Durchschnitte des Fadenkreuzes stand, gleich 1^h 2' 30" war, so kann man auch daraus die Fehler des Standes dieser beiden Verniere finden. Denn gesetzt, die Rectascension des Polarsterns ist 0^h 59' 58" und die Poldistanz desselben 1° 34' 14", so wird die Sternzeit weniger der Rectascension der wahre Stundenwinkel des Sterns zur Zeit seiner Beobachtung seyn. Dieser

Digitized by Google

wahre Stundenwinkel ist also in unserem Beispiele gleich $0^h\ 2'\ 32''$. Allein der an dem Kreise AA' des Instruments abgelesene Stundenwinkel war $0^h\ 4'\ 10''$ also um $0^h\ 1'\ 38''$ größer als der wahre. Eben so war auch die wahre Poldistanz des Sterns, wie sie von der Refraction verändert wird, gleich $1°\ 34'\ 14''$, während die an dem Kreise BB' des Instruments abgelesene Poldistanz $1°\ 32'\ 6''$ oder $0°\ 2'\ 8''$ kleiner war, als die wahre. Daraus folgt daher, daß von diesen beiden Vernieren der eine nn' um $0^h\ 1'\ 38''$ zu weit westlich, und der andere nn' um $0°\ 2'\ 8''$ zu nahe bei dem Pole steht, und jetzt kann man entweder diese Verniere, durch eigens dazu bestimmte Schrauben, so weit an ihren Alhidaden verschieben, daß diese Fehler gänzlich verschwinden, oder man kann auch, was sicherer ist, diese Fehler, wenn sie nur klein sind, bestehen lassen und von ihnen bei jeder Beobachtung Rechnung tragen. Dadurch ist also auch den zwei letzten der oben unter Nr. 3 angegebenen Bedingungen genug gethan worden, und jetzt wird das Instrument in vollkommen beobachtungsfähigem Zustande seyn.

Wenn man dann mit diesem Instrumente z. B. einen kleinen, mit freien Augen unsichtbaren Stern aufsuchen will, dessen Rectascension $5^h\ 40'\ 20''$ und dessen Poldistanz $36°\ 15'\ 40''$ beträgt, so wird man, um ihn zu der Sternzeit $10^h\ 50'$ im Rohre zu erhalten, so verfahren:

Sternzeit	10^h	$50'$	$0''$	wahre Poldistanz	$36°$	$15'$	$40''$
Rectasc.	5	40	20''	Correktion		2	8
wahr. Stundenw.	5	9	40	Instr. Poldistanz	36	13	32
Correktion	+	1	38				
Instr. Stundenw.	5	11	18				

Man wird also den Vernier der Alhidade nn' auf den Theilstrich $5^h\ 11'\ 18''$ des Kreises AA', und den Vernier der Alhidade nn' auf den Theilstrich $36°\ 13'\ 32''$ des Kreises BB' stellen, und der verlangte Stern wird um $10^h\ 50'$ Sternzeit in der Mitte des Feldes des Fernrohrs erscheinen. Ganz eben so würde man auch umgekehrt, wenn man die Mitte des Fernrohrs zu einer bestimmten Sternzeit auf ein noch unbekanntes Gestirn stellt, und dann die beiden Verniere abliest, die Rectascension und Poldistanz dieses Gestirns und dadurch den Ort desselben am Himmel finden. Denn gesetzt, man hätte diesen Stern um $16^h\ 17'\ 20''$ Sternzeit in der Mitte des Feldes im Durchschnittspunkte des Kreuzfadens gesehen und den Vernier des Aequatorkreises AA' gleich $4^h\ 11'\ 28''$, den Vernier des Deklinationskreises BB' aber gleich $54°\ 3'\ 20''$ abgelesen. Dieß vorausgesetzt hat man

Instr. Stundenw.	4^h	$11'$	$28''$	Instr. Poldist.	$54°$	$3'$	$20''$
Correktion	—	1	38	Correktion	+	2	8
wahrer Stundenw.	4	9	50	wahre Poldistanz	54	5	28
Sternzeit	16	17	20				
wahre Rectascension	12	7	30				

§. 204. (Berichtigung der Drehungsaxe und der beiden Alhidaden des Aequatorials.) Obschon das Vorhergehende hinreicht, von der Rectifikation sowohl, als auch von der Beobachtungsart an dem Aequatorial einen hinlänglichen Begriff zu geben und dadurch unsere Leser in den Stand zu setzen, dieses nützliche und bequeme Instrument gehörig anzuwenden, so wird es doch nicht überflüssig seyn, die vier ersten der oben unter 1, 2 und 3 erwähnten Berichtigungen noch auf eine andere Weise vorzunehmen, die weniger mechanisch ist, als jene, und die zugleich, gehörig ausgeführt, eine viel größere Sicherheit gewährt, besonders wenn

Digitized by Google

man die hier angeführten Beobachtungen auch noch mit umgewendetem Kreise BB' wiederholt und die Libelle zu Hülfe nimmt, die gewöhnlich an dem Fernrohre CD angebracht ist. Uebrigens wird es, dem Zwecke dieser Schrift gemäß, hinreichend seyn, das hier zu beobachtende Verfahren durch einfache analytische Ausdrücke zu geben, ohne auch zugleich die geoemtrischen Beobachtungen anzuführen, welche ihnen zu Grunde liegen.

Ich setze dabei voraus, daß der Kreis AA', wie dieß in der That gewöhnlich geschieht, in Stunden, und der Kreis BB' in Grade eingetheilt sey. Man beobachte nun einen sogenannten Cirkumpolarstern, d. h. einen solchen, der so nahe bei dem Pole ist, daß er nicht mehr auf- und untergeht, und zwar in seinen beiden Culminationen, so daß in jeder derselben der Durchschnitt des Kreuzfadens den Stern genau deckt. Dieß vorausgesetzt, nennen wir dann s den Stundenwinkel oder die Zahl des Verniers nn' an dem Kreise AA' und p die Poldistanz oder die Zahl des Verniers mm' an dem Kreise BB', wie man diese beiden Zahlen nach der Beobachtung der obern Culmination an dem Instrumente abgelesen hat. Für die untere Culmination bezeichne man dieselben beiden Größen durch s' und p'. Nennt man nun P die wahre Poldistanz des Sterns und Ds den Fehler des Verniers nn' und Dp den Fehler des Verniers mm', so erhält man diese Fehler sogleich durch die folgenden zwei einfachen Ausdrücke:

$$Ds = {}^1/_2\ (12^h - s' - s) \text{ und}$$
$$Dp = P - {}^1/_2\ (p' + p)$$

und dadurch sind also die beiden oben unter Nr. 3 angeführten Fehler bestimmt.

Nennt man dann x die Anzahl Secunden, um welche das eine Ende der Rotationsaxe EF in vertikaler Richtung, und y die Anzahl Secunden, um welche dieses Ende in horizontaler Richtung verstellt werden soll, um diese Rotationsaxe der Weltaxe genau parallel zu machen, so hat man

$$x = {}^1/_2\ (p' - p)$$
$$y = {}^{15}/_2\ (12^h + s - s') \text{ Tang. P.}$$

und dadurch sind auch die zwei ersten der oben erwähnten Fehler bestimmt.

Um diese einfachen Ausdrücke auf ein Beispiel anzuwenden, so sey für einen Cirkumpolarstern, dessen wahre Poldistanz $P = 1° 34' 10''$ beträgt, in der oberen Culmination $s = 0^h 2' 10''$ und $p = 1° 33' 20''$, und in der unteren $s' = 12^h 2' 30''$ und $p = 1° 33' 36''$ gefunden worden. Dieß vorausgesetzt findet man durch jene Ausdrücke sogleich die beiden Fehler der Verniere $Ds' = 10$ Zeitsecunden und $Dp = 42$ Raumsecunden. Für die doppelte Berichtigung der Axe aber erhält man in vertikaler Richtung $x = 8''$ und in horizontaler $y = 4''$.

Mittelst dieser vier Werthe würde man also jetzt die Lage der Verniere sowohl, als auch die der Axe verbessern und diese Fehler gänzlich wegbringen. Da sie aber bereits sehr klein sind, und da das Instrument durch die Einwirkung der Temperatur und der verschiedenen Biegungen seiner Theile nicht leicht ganz fehlerlos erhalten werden kann, so wird es besser seyn, diese Fehler auf die angezeigte Art von Zeit zu Zeit wieder zu bestimmen und dann bei den Beobachtungen davon Rechnung zu tragen.

Ich wünschte, durch diese Darstellung der Berichtigung und des Gebrauchs des Aequatorials zur Aufnahme dieses wichtigen und häufig

Digitized by Google

noch nicht nach seinem ganzen Werthe anerkannten Instruments beigetragen zu haben.

§. 205. (Hadley's Sextant.) Alle bisher beschriebenen Instrumente erfordern zu ihren Beobachtungen, wie man sieht, einen festen und unveränderlichen Stand. Allein auf der See kann man diesen nicht haben, und daher war noch eine andere Gattung von Instrumenten wünschenswerth, die dieser Beschränkung nicht unterliegen. Das vorzüglichste von denen, die man zu diesem Zwecke ausgedacht hat, ist der Sextant (Fig. 112), der seinen Namen von seinem Erfinder, John Hadley, hat, obschon man bereits im Jahre 1742 oder zehn Jahre nach der Bekanntmachung dieser Erfindung unter Hadley's hinterlassenen Papieren eine Schrift von Newton's Hand gefunden haben soll, in welchem der letzte dieses Instrument, als von ihm selbst erfunden, beschreibt.

Der Sextant ist bestimmt, die Winkel zweier Gegenstände in jeder Richtung desselben gegen den Horizont selbst dann zu messen, wenn der Beobachter keinen festen Stand hat, daher er, wie gesagt, besonders für den Schiffer brauchbar ist, obschon er auch für Beobachtungen auf dem festen Lande als eines der nützlichsten Instrumente erkannt werden muß.

Es besteht im Allgemeinen aus einem Kreissektor AqO, um dessen Mittelpunkt q sich eine Alhidade qM bewegt, welche bei M einen Vernier und bei q einen auf sie senkrechten Spiegel trägt. Die spiegelnde Fläche desselben geht durch den Mittelpunkt q des Kreissektors und ist mittelst einer Vorrichtung Q auf seiner Rückseite senkrecht auf der Ebene des Sektors befestigt. Ein anderer kleinerer Spiegel ist bei P ebenfalls senkrecht auf die Ebene des Sextanten und so befestiget, daß er sehr nahe parallel mit der Linie qO geht, die den Mittelpunkt q des Sextanten mit dem ersten oder dem Anfangspunkte O des eingetheilten Randes AB verbindet. Wenn daher die Alhidade QM mit ihrem Spiegel q so gestellt wird, daß der Index der Alhidade M durch diesen Anfangspunkt O der Theilung geht, so sind die Ebenen beider Spiegel zu einander parallel.

Die obere Hälfte des kleinen Spiegels P ist durchbrochen, so daß der Lichtstrahl von einem entfernten Objekte H durch diesen offenen Theil des Spiegels unmittelbar in das Auge C oder in das, auf diesen Spiegel nahe senkrecht gestellte Fernrohr DC kommen kann. Wird nun die Alhidade QM mit dem daran befestigten Spiegel q so lange gedreht, bis der Strahl eines zweiten Objektes K in der Richtung Kq auf den großen Spiegel kömmt und von demselben in der Richtung qP auf den untern Theil des kleinen Spiegels P reflektirt wird, von welchem er endlich in der Richtung PC in das Fernrohr oder in das Auge C des Beobachters fällt, so sieht dieses Auge zugleich das Objekt H durch die unmittelbaren Strahlen desselben, oder durch den durchbrochenen oberen Theil des Spiegels P, und das Objekt K durch die von beiden Spiegeln zweimal reflektirten Strahlen, in dem Felde des Fernrohrs, und man wird dann der Alhidade QM durch ihre Mikrometerschraube m noch eine kleine Bewegung geben können, durch welche man es dahin bringt, daß die Bilder der beiden Gegenstände H und K sich im Felde des Fernrohrs genau decken oder auf einander fallen. Da nun bei jedem Spiegel der einfallende Strahl Kq und der zurückgeworfene qP und eben so auch qP und PD mit der Ebene des Spiegels Q oder P immer denselben Winkel bilden und da, wie bereits erwähnt, die Ebene des kleinen Spiegels P mit der Linie qO des Anfangspunktes der Theilung parallel ist, so sieht man leicht, daß bei einer solchen Stellung der Alhidade QM, für welche die Bilder der beiden Objekte H und K sich in dem Fernrohre

Digitized by Google

decken, der Winkel, welchen beide Spiegel mit einander bilden oder, was daſſelbe iſt, daß dann der Winkel OqM der Alhidade mit jener Linie qO des Anfangspunktes der Theilung d. h. alſo, daß der von dem Vernier M der Alhidade von jenem Anfangspunkte O an durchlaufene Bogen OM gleich iſt der Hälfte des Winkels, welchen die beiden Objekte H und K in dem Auge des Beobachters bilden.

Aus dieſer Urſache theilen auch die Künſtler den Kreisbogen AB ſo ein, daß jeder halbe Grad dieſes Kreiſes durch ſeine beigeſetzten Zahlen ſchon als ein ganzer betrachtet wird, ſo daß daher der an dem Inſtrumente unmittelbar abgeleſene Bogen auch ſofort gleich dem geſuchten Winkel HCK iſt, welchen die beiden Objekte in dem Auge C des Beobachters bilden.

Dieſe Deckung der beiden Bilder im Fernrohre wird offenbar auch dann nicht geſtört, wenn man den Sextanten um ſein Fernrohr, gleichſam um die Axe CD, dreht, oder wenn man auch dieſe Bilder aus dem Mittelpunkte des Feldes an den Rand deſſelben führt. Und eben dieß iſt es, was dieſes Inſtrument zur See ſo brauchbar macht; wo man es während der Beobachtung mittelſt der Handhabe E in freier Hand zu halten pflegt, ſo daß ungeachtet der Schwankungen des Schiffes die beiden Bilder der Gegenſtände doch immer in dem Felde des Fernrohrs erhalten werden können. Bemerken wir noch, daß zur Beobachtung der Sonne eigene gefärbte Blendgläſer bei a und b angebracht ſind, die man aufwärts dreht, um das Geſicht gegen die Sonnenſtrahlen durch dieſe Gläſer zu ſchützen, die alſo auch für minder helleuchtende Gegenſtände wieder zurückgeſchlagen werden.

§. 206. (Beobachtungen mit dem Sextanten.) Um die Winkeldiſtanz zweier Gegenſtände z. B. zweier Thürme oder Geſtirne mit dem Sextanten zu meſſen, halte man das Inſtrument bei ſeiner Handhabe E mit der rechten Hand ſo, daß der eine H dieſer Gegenſtände, durch den obern Theil des kleinen Spiegels P, unmittelbar in dem Fernrohre CD erſcheint, ſo daß alſo die Axe dieſes Fernrohrs in die Richtung CDH des einen dieſer Gegenſtände gebracht wird. Dann drehe man die Fläche des ganzen Sextanten um dieſes Rohr, als um ſeine Axe, ſo lange, bis dieſe Fläche auch durch den andern Gegenſtand K geht, und in dieſer Lage des Sextanten (wo alſo der erſte Gegenſtand H immer im Felde des Fernrohrs bleibt) bewege man die Alhidade QM ſo lange, bis auch der zweite Gegenſtand K, ſammt dem erſten, im Fernrohre erſcheint. In dieſer Stellung der Alhidade befeſtiget man ſie, durch ihre Druckſchraube, an die Fläche des Sextanten und bewege ſie dann mittelſt ihrer Mikrometerſchraube m noch etwas, bis die Bilder der beiden Gegenſtände ſich in dem Felde des Rohrs vollkommen decken. Die Zahl des Theilſtriches, bei welchem dann der Vernier der Alhidade ſteht, gibt den geſuchten Winkel der beiden Gegenſtände H und K.

Wenn man aber nicht die Diſtanz zweier Geſtirne, ſondern die Höhe eines derſelben finden will, ſo braucht man dazu noch einen Horizont, am beſten eine mit Queckſilber gefüllte Schaale. Dann richtet man das Fernrohr des Sextanten ſo, daß man damit unmittelbar, durch den oberen Theil des kleinen Spiegels, das Bild des Geſtirns in dieſem Horizonte zieht, worauf man die Ebene des Sextanten um das Fernrohr als um eine fixe Axe dreht, bis dieſe Ebene in eine vertikale Lage kommt. Hat man dieß erreicht, ſo bewegt man, indem man immer das von dem Horizonte reflektirte Bild des Geſtirnes im Fernrohre feſthält, die Alhidade QM ſo lange auf oder ab, bis auch das zweite, von dem großen und dem untern Theile des kleinen Spiegels reflektirte Bild, zugleich

Digitized by Google

mit jenem, in dem Felde des Fernrohrs erscheint, worauf man wieder die Alhidade durch ihre Druckschraube fest stellt und durch die Mikrometerschraube m beide Bilder zur genauen Bedeckung bringt. Die jetzt von der Alhidade angegebene Zahl der Theilstriche ist die doppelte Höhe des beobachteten Gestirns.

Um den Quecksilber-Horizont vor dem Luftzuge zu beschützen, bedeckt man ihn mit einen Dache von zwei Glasplatten, deren Flächen einander genau parallel sind. Statt des Glases wird man sicherer diejenige Glimmergattung anwenden, die unter dem Namen Frauenglas oder Miroir d'ane bekannt ist, da diese schon von der Natur in vollkommen parallele Blätter gespalten wird. Künstliche Horizonte, die aus Spiegeln bestehen und mit Libellen horizontal gestellt werden, sind wohl bequemer, aber nie so sicher, wie jene natürlichen. Auf dem Meere endlich bedient man sich zu diesem Zwecke des Horizontes der See, d. h. derjenigen Linie, welche die Oberfläche des Meeres von dem Himmel trennt, indem man diese Linie mit dem zu beobachtenden Gestirn im Felde des Fernrohrs zur Bedeckung bringt.

§. 207. (Rectifikation des Sextanten.) Auch dieses Instrument muß, ehe es zu den Beobachtungen verwendet wird, zuerst in allen seinen Theilen berichtiget seyn. Die wichtigste dieser Berichtigungen betrifft den sogenannten Collimationsfehler des Sextanten. Es sollen nämlich, wie gesagt, beide Spiegel auf der Ebene des Sextanten senkrecht stehen, und überdieß, wenn die Alhidade auf Null steht, einander parallel seyn. — Man stelle also die Alhidade in die Nähe des Nullpunktes der Eintheilung und sehe durch das Fernrohr auf irgend einen wohl begränzten Gegenstand. Mit einer geringen Bewegung der Alhidade wird man dann das unmittelbar durch den oberen Theil des kleinen Spiegels sowohl, als auch das mittelbar durch den großen Spiegel reflektirte Bild desselben Gegenstandes in dem Fernrohre erblicken, worauf man beide, durch die Mikrometerschraube, zur genauen Deckung bringt. Steht in diesem Zustande die Alhidade nicht auf Null, sondern z. B. auf 0° 30′ des eingetheilten Randes, auf der Seite von dem Nullpunkte O nach A, so muß man von allen mit dem Instrumente beobachteten Winkeln diese Größe 0° 30′ subtrahiren, um den wahren Winkel zu erhalten. Man wird ihn addiren, wenn die Alhidade auf der andern Seite, zwischen O und B, stünde. Kann man aber bei dieser Untersuchung die beiden Bilder desselben Gegenstandes nicht zu einer genauen Bedeckung bringen, sondern gleiten sie, wenn man die Alhidade bewegt, neben einander hin, so ist dieß ein Zeichen, daß der kleine Spiegel nicht senkrecht auf der Ebene des Sextanten steht. In diesem Falle wird man dann diesem Spiegel durch die unter ihm, auf der hinteren Fläche des Sextanten, hervorstehende Schraube die gehörige Neigung gegen diese Fläche geben, damit er darauf senkrecht steht, d. h. damit die beiden Bilder in der That zur Bedeckung gebracht werden können.

Besser ist es noch, zur Bestimmung jenes Collimationsfehlers nicht ein terrestrisches Objekt, sondern die Sonne zu nehmen. Bringt man dann die beiden Bilder derselben an ihrem sehr scharf begränzten Rande an den entgegengesetzten Seiten dieses Randes zur Bedeckung, und liest für beide Bedeckungen den Stand der Alhidade ab, so ist die halbe Differenz der beiden Lesungen der Collimationsfehler des Instruments, und die halbe Summe derselben ist gleich dem Durchmesser der Sonne, wodurch man, da dieser Durchmesser aus den astronomischen Ephemeriden bereits bekannt ist, zugleich ein Prüfungsmittel hat, ob die beiden Beobachtungen in der That gut und verläßlich sind.

Digitized by Google

§. 208. (Vernier.) Dieß sind die vorzüglichsten Instrumente der neueren beobachtenden Astronomie, deren nähere Kenntniß den Lesern, wie wir glauben, interessant und nützlich zugleich seyn wird, wenn sie sich einen richtigen Begriff von den astronomischen Beobachtungen machen oder auch wohl sich derselben zu eigenen Beobachtungen bedienen wollen. Wir haben bei der Beschreibung derselben des Verniers öfter erwähnt, daher wir auch diesen hier näher angeben müssen.

Wenn dasjenige Ende der Alhidade, welches an dem getheilten Rande des Instruments auf und ab bewegt wird, bloß eine einzige gerade Linie, die wir oben angenommen haben, enthielte, so würde man mit einem solchen Instrumente keine kleineren Winkel messen können, als unmittelbar durch die Theilstriche auf dem Rande desselben angegeben sind. Wenn man daher z. B. auf einem Kreise noch die einzelnen Secunden lesen wollte, so müßte man auf seiner Peripherie nicht weniger als 1296000 Theilstriche anbringen, die alle von einander gleichweit abstehen. Dadurch würden aber, der Schwierigkeit der Ausführung für den Künstler nicht zu gedenken, selbst bei einem Kreise von beträchtlichem Halbmesser diese Theilstriche so nahe an einander stehen, daß es schwer seyn würde, sie deutlich von einander zu unterscheiden. Diesem Umstande abzuhelfen, hat Peter Vernier, ein französischer Geometer, i. J. 1631 eine eben so einfache als sinnreiche Vorrichtung ausgedacht, die jetzt ihrer Vorzüglichkeit wegen allgemein angenommen ist. Man hat sonst wohl auch den Portugiesen Nonius, der mehrere Jahrhunderte vor Vernier lebte, für den Erfinder dieser Einrichtung gehalten, daher dieselbe auch zuweilen den Namen des letzteren erhält, aber mit Unrecht, da das von Nonius zu diesem Zwecke vorgeschlagene Mittel von dem des Vernier ganz verschieden ist und auch an Anwendbarkeit weit hinter ihm zurücksteht.

Sey ab (Fig. 113) ein Theil des eingetheilten Kreisbogens irgend eines Instruments. Dasselbe sey z. B. durch die in der Zeichnung bemerkten Striche in mehrere gleiche Theile getheilt, deren jeder 10 Minuten halten soll, so daß also jedes Intervall 0,1 oder 1,2 oder 2,3 u. s. zehn Minuten beträgt. Neben oder hier unter ihm sey der koncentrische Kreisbogen des Berniers angebracht, so daß, wenn die den Vernier tragende Alhidade um ihren Mittelpunkt bewegt wird, der Bogen des Berniers an dem festen Bogen des Kreises sich auf und ab bewegt. Allein dieser Bogen des Berniers sey nur so groß, als 9 Intervalle des oberen Kreisbogens sind, er betrage also 9mal 10 oder nur 90 Minuten und sey dem ungeachtet doch wieder, wie jener, in 10 gleiche Theile getheilt. Daraus folgt also, daß 10 Intervalle des Berniers gleich 9 Intervallen des Kreises, daß also auch jedes einzelne Intervall des Berniers nur neun Zehntheile eines Intervalls des Kreises, d. h. daß jedes Intervall des Berniers, auf dem Kreise genommen, genau gleich neun Minuten ist. Legt man daher den Vernier an den Kreis so an, daß die beiden ersten Theilstriche 0,0 mit einander übereinstimmen oder nur eine einzige gerade Linie bilden, so werden auch die beiden letzten Theilstriche 9,10 mit einander übereinstimmen, die zweiten 1,1 aber werden um 1 Minute, die 2,2 um 2 Minuten, die 3,3 um 3 Minuten u. s. w. von einander abstehen, und man wird daher auf diesem Kreise, obschon er nur von 10 zu 10 Minuten getheilt ist, doch noch, mit Hülfe dieses Berniers, auch noch die einzelne Minute sicher und eben so gut ablesen können, als ob der Kreis selbst in diese einzelne Minuten getheilt wäre.

Gesetzt also, Kreis und Vernier stehen, wie in A so, daß der Theil-

Digitized by Google

strich 0 des Kreises zu dem Punkte 10° 0′ 0″ der Peripherie desselben gehöre, so wird man bei der Ablesung dieses Kreises sagen, daß der an dem Instrumente beobachtete Winkel 10° 0′ 0″ betrage. Steht aber der Vernier so, wie in B, so wird der beobachtete Winkel gleich 10° 1′ 0″, und eben so wird er, bei dem Stande C gleich 10° 2′ 0″ seyn und so fort durch alle Theilstriche des Verniers.

Man sieht, daß sich dieselbe Vorrichtung ohne alle Abänderung auch bei einem geradlinigen Maaßstabe anbringen läßt. Sey ab ein Theil z. B. ein Fuß dieses Maaßstabes, der bei 1, 2, 3 in zehn gleiche Theile oder in zehn Zolle getheilt ist. Mit einem solchen Maaßstabe wird man also unmittelbar nur ganze Zolle in der That messen können, während man die halben, viertel Zolle u. s. bloß nach dem Augenmaße schätzen muß. Wenn man aber zu diesem Maaßstabe noch einen Vernier hat, der genau 9 solcher Zolle lang und ebenfalls wieder in 10 gleiche Theile getheilt ist, so wird man mittelst jenes Stabes auch noch die Zehntheile der Zolle oder die sogenannten Linien unmittelbar abmessen können. Denn gesetzt, man wollte den kleinen Abstand der Linie m von b in Theilen eines Zolles haben. Legt man den Vernier so wie in A, daß die Theilstriche 9 des Stabes und 10 des Verniers koincidiren, so läßt sich, in dieser Lage des Verniers, die Distanz bm offenbar nicht angeben. Rückt man also den Vernier an dem ruhenden Maaßstab weiter rechts, so daß, wie in B, die beiden Theilstriche 1 und 1 übereinstimmen, so läßt sich auch hier noch nichts über diese Distanz bm entscheiden. Rückt man aber den Vernier noch etwas weiter rechts, bis der letzte Theilstrich 10 des Verniers mit dem Striche m des Maaßstabes genau übereinstimmt und findet man, daß in dieser Stellung C des Verniers die Theilstriche 2 und 2 genau koindiciren oder in eine einzige gerade Linie fallen, so ist dieß ein Zeichen, daß die Linie m des Maaßstabes von dem vorletzten Theilstriche 9 desselben um 2 Zehntheile absteht, und daß daher die gesuchte Distanz bm gleich acht Zehntel Zolle oder gleich 8 Linien ist.

Ist zwischen den einzelnen Theilstrichen des Verniers, wie in der Zeichnung der Fig. 113, noch Raum genug, um auch jedes Intervall 01, 12, 23 desselben ebenfalls wieder in zehn gleiche Theile unterzutheilen, so wird man, mit einem solchen Verniere, auf jenem Maaßstabe nicht bloß wie zuvor die zehnten, sondern auch die hundertsten Theile eines Zolles oder die sogenannten Punkte unmittelbar messen können. Rücken aber dadurch die Theilstriche schon so nahe an einander, daß man sie mit freien Augen nicht mehr gut unterscheiden kann, so wird man eine Loupe (Mikroskop) zu Hülfe nehmen, das man an dem Vernière so befestigen kann, um es nach der ganzen Länge des Verniers zu verschieben und dadurch jeden einzelnen Theil des Verniers in den Mittelpunkt des Loupenfeldes zu bringen.

Auf diese Weise hat man es dahin gebracht, unsere Kreise von drei Fuß im Durchmesser, und selbst kleinere noch, bis zur unmittelbaren Lesung von zwei Secunden mit einer Genauigkeit zu theilen, von welcher unsere Vorgänger noch keine Idee hatten, der wir aber einen großen Theil der Fortschritte der neueren Beobachtungskunst verdanken.

§. 209. (Schraubenmikrometer.) Noch ist eine eigene Vorrichtung bei den bisher angeführten Instrumenten übrig, die der Leser kennen lernen soll, um von den Beobachtungen der Astronomen selbst einen deutlicheren Begriff zu erhalten.

Es wurde bereits früher gesagt, daß sich in dem Brennpunkte jedes Fernrohrs, wenn dasselbe auf einen Gegenstand gerichtet wird, ein klei-

Digitized by Google

nes, sehr deutliches Miniaturbildchen dieses Gegenstandes entwerfe, und daß man daher in der durch diesen Punkt auf die Axe des Fernrohrs senkrechten Ebene mehrere Fäden ausspannen pflegt, durch welche das Gesichtsfeld des Fernrohrs gleichsam in verschiedene Parthien eingetheilt wird. Diese Fäden dienen zur genauen Bestimmung der Lage der Gestirne, die man in dem Augenblicke beobachtet, wo sie von diesen Fäden bedeckt werden.

Bisher haben wir nur die einfachste Gattung dieses Fadennetzes kennen gelernt, nämlich drei oder mehrere senkrechte, unter sich parallele Fäden, die von einem horizontalen geschnitten werden, wo man dann z. B. bei dem Mittagsrohre an den vertikalen Fäden die Rectascension und bei dem Meridiankreise an dem horizontalen Faden die Höhe oder die Deklination der Gestirne zu beobachten pflegt.

Eben so haben wir schon oben gesagt, daß das Hauptgeschäft des praktischen Astronomen eigentlich die genaue Bestimmung der größtmöglichen Anzahl von Fixsternen in allen Gegenden des Himmels ist. Zwar müssen wir, bei dem bisherigen Zustande der Wissenschaft, darauf Verzicht leisten, diese Fixsterne selbst, ihre Größe, Entfernung und dergl. kennen zu lernen; wir müssen uns begnügen, bloß den scheinbaren Ort, welchen sie am Himmel einnehmen, oder ihre Rectascension und Deklination, durch unsere Beobachtungen zu bestimmen. Allein auch diese bloße Ortskenntniß ist für die gesammte praktische Astronomie von dem größten und wesentlichsten Nutzen. Denn diese Orte dienen uns als fixe und wohlbekannte Punkte des Himmels, an welche wir alle unsere übrigen Beobachtungen der Planeten und Kometen und der Sonne selbst gleichsam anreihen, und dadurch auch den scheinbaren Ort dieser letzten Himmelskörper bestimmen. Um diese letzte aber ist es uns bisher allein zu thun, da sie es sind, die zu dem eigentlichen Haushalte des Sonnensystems gehören, auf dessen nähere Kenntniß wir, wie jetzt die Sachen stehen und wahrscheinlich noch lange stehen werden, alle unsere astronomischen Untersuchungen beschränken müssen.

Nehmen wir nun an, wir hätten unserem oben erwähnten Fadennetze eine solche Einrichtung gegeben, daß man damit nicht bloß, wie bisher, die Appulse der Sterne an diese Fäden beobachten, sondern daß man damit auch wenigstens solche Intervalle am Himmel messen könnte, die das Gesichtsfeld des Fernrohrs also z. B. 5 bis 10 Minuten nicht übersteigen. Ein solches Netz würde uns, wie man sogleich sieht, bei der Beobachtung jener Planeten und Kometen von dem größten Nutzen seyn; denn nun dürfte man ein mit einem solchen Fadennetze versehenes Fernrohr nur eben so aufstellen, daß man dadurch einen bekannten Fixstern sehen kann, von dem man weiß, daß er von dem Planeten, den man eigentlich beobachten will, nicht weiter entfernt ist, um auch diesen noch, einige Zeit vor oder nach dem Stern, in dem Felde des unverrückten Fernrohrs sehen zu können. Dann wird man, mittelst jener Fäden, bloß die Distanz jener beiden Gestirne von einander messen, um sofort, da der Ort des Fixsterns am Himmel schon bekannt ist, auch den gesuchten Ort des Planeten zu erhalten.

Eine solche Vorrichtung, deren man mehrere ausgedacht hat, ist unter der Benennung des Mikrometers bekannt, da sie, wie man sieht, zur Messung von bloß kleinen Distanzen (μικρος klein, μετρω messen) bestimmt ist.

Auf einer in dem Brennpunkte des Fernrohrs senkrecht auf die Axe desselben befestigten und in ihrer Mitte kreisförmig durchbohrten Messingplatte, HK (Fig. 114 und 115) ist ein horizontaler Faden FG und ein

Digitized by Google

vertikaler DE befestigt. Auf dieser Platte sind zwei feine Schieber mm' und nn', zwischen welchen und der Platte sich eine zweite, ebenfalls durchbohrte Platte, parallel mit jener ersten, mittelst einer feinen Schraube Abc auf und ab bewegen läßt. Diese zweite Platte ist ebenfalls mit einem horizontalen Faden fg versehen, der sich, wenn die zweite Platte durch ihre Schraube bewegt wird, parallel mit dem ersten FG auf und ab bewegt. Diese Schraube trägt bei ihrer Handhabe A einen Index b, der, während der Umdrehung der Schraube, auf einer eingetheilten Scheibe B herumgeht und dadurch auch z. B. den hundertsten Theil einer Umdrehung dieser Schraube anzeigt.

Wenn diese Schraube, wie hier vorausgesetzt wird, sehr feine und durchaus gleiche Windungen hat, so wird man dadurch die senkrechten Distanzen zweier Gestirne sehr genau bestimmen können, wenn einmal der Werth einer ganzen Umdrehung der Schraube bekannt ist. Zu diesem Zwecke stellt man zuerst beide Fäden fg und FG genau auf einander, so daß sie nur einen einzigen zu bilden scheinen, und bemerkt, für diesen Stand des beweglichen Fadens, den Ort des Zeigers b auf der eingetheilten Scheibe B. Dann schraubt man den beweglichen Faden fg so weit über oder unter den festen FG, bis beide Fäden irgend ein bekanntes Gestirn, z. B. die Sonne d an ihrem oberen und unteren Rande genau berühren und bemerkt nun wieder den Stand des Zeigers auf seiner Scheibe. Gesetzt der Durchmesser der Sonne betrage volle 32 Minuten, und die Schraube machte 40¼ Umgänge, um diesen Durchmesser zwischen den beiden Fäden des Mikrometers zu fassen, so folgt daraus, wie man leicht sieht, daß ein ganzer Umgang der Schraube 47.7 Secunden, und daher jeder hundertste Theil derselben 0.477 Secunden betrage. Dieß vorausgesetzt sey ein mit einem solchen Schraubenmikrometer versehenes Fernrohr im Meridian so aufgestellt, daß der Faden FG horizontal und DE vertikal steht. In dieser Stellung läßt man einen bekannten Fixstern durch das Feld des Fernrohrs gehen und schraubt den beweglichen Faden fg auf ihn, so daß der Stern, während er durch das Feld geht, die ganze Länge dieses Fadens zurücklege. Zugleich beobachtet man auch seinen Durchgang durch den festen vertikalen Faden DE. — Dasselbe thut man nun auch mit dem bald darauf folgenden Planeten und bemerkt zugleich, wie viel Umdrehungen man die Schraube gedreht hat, um den beweglichen Faden von seiner letzten Stelle, wo er den Stern traf, auf diejenige zu bringen, wo der Mittelpunkt des Planeten durch ihn ging. Diese Anzahl der Umdrehungen durch 47.7 multiplicirt, gibt sofort die Differenz der Deklinationen beider Gestirne, und die Zwischenzeit, die von dem Appulse des Fixsterns durch den Vertikalfaden DE bis zu dem des Planeten verflossen ist, gibt die Differenz der Rectascensionen beider Gestirne. Da man nun die Rectascension und Deklination des Fixsterns bereits kennt, so erhält man dadurch auch sofort die Rectascension und Deklination des Planeten.

Man sieht, daß man zu solchen Beobachtungen, so wichtig sie auch sind, keines eigenen großen kostbaren Instruments, sondern bloß eines guten Fernrohrs bedarf, von dessen fester Aufstellung während der Dauer beider Beobachtungen man versichert ist. Wenn man aber mit einem solchen Fernrohre auch außer dem Meridian beobachten will, wodurch die Anwendbarkeit desselben offenbar sehr erhöht wird, so wird es vortheilhaft seyn, ein so eingerichtetes Fernrohr mit einer, wenn gleich nicht mit der größten Genauigkeit gebauten parallaktischen Maschine §. 201 zu verbinden und dann den früher horizontalen Faden FG jetzt dem Aequator parallel zu stellen, was leicht erhalten wird, wenn man vor

Digitized by Google

den Beobachtungen einen Stern in das Feld eintreten läßt und die Platte HK mittelst einer eigenen Schraube so dreht, daß der Stern durch die ganze Länge des Feldes den Faden FG nicht verläßt. Dieß ist ein Grund mehr für die bereits oben als sehr vortheilhaft angegebene Aufstellung aller größeren Fernröhre auf einem parallaktischen Stative.

§. 210. (Rautenmikrometer.) Auch ohne Hülfe einer Schraube kann man, durch eine bloße zweckmäßige Stellung der Fäden gegen einander, die Differenz der Orte zweier einander naher Gestirne bestimmen. Eine der einfachsten und zweckmäßigsten dieser Vorrichtungen ist folgende, die von dem großen Astronomen Bradley vorgeschlagen wurde. Man denke sich um das kreisförmige Feld des Fernrohrs ein Quadrat ABCD (Fig. 116) beschrieben, dessen Seiten jenen Kreis in vier einander gegenüber stehenden Punkten berühren. Von dem oberen Berührungspunkte M ziehe man zwei gerade Linien oder hier zwei gespannte Fäden MC und MD nach den unteren Spitzen des Quadrats, und eben so von dem unteren Berührungspunkte N zwei andere nach A und B. Spannt man überdieß noch einen fünften Faden PQ, der durch den Mittelpunkt des Kreises parallel mit der Seite AB oder CD des Quadrats geht, so wird man, wie zuvor, durch eine geringe Drehung des Quadrats um seinen Mittelpunkt dieses Netz leicht so stellen, daß der letzte Faden PQ dem Wege der Sterne, d. h. dem Aequator parallel ist.

Mit einem so eingerichteten und so gestellten Fadennetze wird man dann die Differenz der Rectascensionen und Deklinationen der Gestirne leicht bestimmen, wenn man bemerkt, daß, wie aus der erwähnten Konstruktion dieses Netzes hervorgeht, jede der PQ parallele Linie ac gleich seyn muß der Entfernung bM dieser Linie von dem ihr nächsten Scheitel M oder N der Raute, welche jene vier ersten Fäden unter sich bilden. Hätte man also z. B. den Durchgang eines Fixsterns, dessen Deklination 30 Grade beträgt, durch den Punkt a um 4^h 17′ und durch den Punkt c um 4^h 21′ beobachtet, so ist die Differenz dieser Zeiten 4 Minuten. Multiplicirt man diese Differenz, um sie in Bogen zu erhalten, durch 15 und überdieß durch den Cosinus der Deklination, der hier gleich 0.866 ist, so erhält man 51.96 Bogenminuten, und eben so groß ist also auch der Abstand Mb des Weges ac dieses Sterns von dem Punkte M. Die Zeit aber, wo dieser Stern in der Mitte zwischen seinen Fäden in a und c, d. h. wo er in dem Punkte b war, ist offenbar gleich der Mitte jener zwei Beobachtungszeiten oder gleich 4^h 19′. — Hätte man nun eben so bald darauf einen Planeten auf dieselbe Weise beobachtet und für ihn den Abstand Mb gleich 32.54 Bogenminuten und die Zeit der Mitte beider Beobachtungen gleich 4^h 22′ gefunden, so würde die Differenz der Rectascensionen beider Gestirne 3 Zeitminuten d. h. 45 Bogenminuten, und die Differenz ihrer Deklinationen gleich 19.42 Bogenminuten seyn, woraus sich also wieder der Ort des Planeten am Himmel leicht finden läßt, wenn jener des Fixsterns bereits bekannt ist.

Bei einer genaueren Betrachtung dieses Netzes wird man leicht finden, daß man auch die Theile der vier ersten Fäden, die außer der Raute liegen, zu demselben Zwecke benützen, und z. B. die Appulse der Sterne auch in den Punkten a′ und b′ beobachten kann, anderer Vortheile, welche dieses Rautennetz bietet, hier nicht zu erwähnen.

§. 211. (Kreismikrometer.) Am einfachsten aber ist es, zu derselben Absicht blos einen einfachen Kreis in dem Brennpunkte des Fernrohrs aufzustellen und den Eintritt in E und C (Fig. 117)), so wie den Austritt der Sterne in E′ und C′ aus der Peripherie dieses Kreises zu

Digitized by Google

beobachten. Nimmt man nämlich die Mitte der Ein- und Austrittszeit eines jeden der beiden Gestirne, so erhält man dadurch diejenigen Augenblicke, wo diese Gestirne in der Mitte ihrer Sehnen EE' und CC' oder wo sie in den Punkten D und F waren, in welchen ein auf diese Sehnen senkrechter Halbmesser CM diese Sehnen halbirt, und dann wird die Differenz dieser beiden Augenblicke offenbar auch zugleich die gesuchte Differenz der Rectascension der beiden Gestirne seyn.

Um nun auch aus denselben Ein- und Austritten der Sterne die Differenz ihrer Deklination zu erhalten, wird man jede der halben Sehnen CD und EF oder die halben Zwischenzeiten der Beobachtungen durch 15mal den Cosinus der Deklination der beiden Gestirne multipliciren, wodurch man diese halben Sehnen CD, EF, in Bogen ausgedrückt erhält. Kennt man nun bereits den Halbmesser des Kreises, so sind in den rechtwinkligen Dreiecken CDO und EFO bereits zwei Seiten gegeben, woraus man dann, auf die bekannte Art, auch die dritten Seiten OF und OD finden wird, deren Differenz DF gleich der gesuchten Differenz der Deklination der beiden Gestirne ist.

Den Halbmesser dieses Kreises wird man auf mehr als eine Art leicht bestimmen können, am sichersten aber durch zwei Fixsterne, deren Deklinations-Differenz B nahe gleich dem Durchmesser dieses Kreises ist, so daß also jeder derselben, der eine oben und der andere unten, eine sehr kleine Sehne im Felde des Kreismikrometers beschreibt. Nennt man dann A die Summe der Quadrate der halben Sehnen oder der halben beobachteten Zwischenzeiten in Zeitsekunden ausgedrückt, und durch die vorige Größe B dividirt, und nennt man endlich C das Quadrat von 15mal dem Cosinus der Deklination der Mitte zwischen beiden Sternen, so ist der gesuchte Durchmesser des Kreises gleich B + AC.

Zu diesem Zwecke kann man schon die dem Auge nächste innere Blendung (Diaphragma) benützen, die in jedem Fernrohre enthalten ist, wenn man sie zuvor auf einer Drehbank genau kreisförmig ausdrehen läßt. Bequemer zur Beobachtung wird ein feiner metallener Ring seyn, der in der Ebene jener Blendung durch zwei oder drei Stifte befestigt wird, und, wenn er etwas kleiner als die Oeffnung dieser Blendung ist, den Vortheil gewährt, daß man die kommenden Sterne schon von ihrer Beobachtung sehen und den Eintritt sowohl, als auch den Austritt derselben an den beiden Rändern des Rings beobachten kann. Die vorhergehende Bestimmung des Halbmessers wird zugleich ein gutes Mittel geben, zu prüfen, ob der Ring an seinen beiden Seiten in der That vollkommen kreisförmig, also zu dieser Art von Beobachtungen geeignet ist. Zu diesem Zwecke darf man nur diesen Ring, nach jeder Beobachtung eines Sternpaars, etwas weniges in seiner Ebene drehen und die beiden Sterne an anderen Punkten der Peripherie durchgehen lassen, um zu sehen, ob man für den Halbmesser des Rings wieder denselben Werth erhält. Was diesen einfachen Mikrometer vor allen andern besonders empfiehlt, ist erstens der Umstand, daß unsere Künstler einen vollkommenen Kreis viel leichter, als eine gerade Linie von gegebener Neigung, darzustellen vermögen, und daß zweitens die Beobachtungen an einem solchen Kreise auch in dem verfinsterten Fernrohre angestellt werden können, während die meisten anderen Mikrometer eine Beleuchtung des Innern des Fernrohrs erfordern, um die Fäden des Mikrometers sichtbar zu machen, was oft beschwerlich und zuweilen selbst schädlich ist, da man dann sehr kleine oder lichtschwache Gestirne, wie z. B. die neuen Planeten oder sehr matte Kometen, in dem beleuchteten Felde des Fernrohrs, nicht mehr gut sehen kann.

Digitized by Google

§. 212. (Längenbestimmungen durch Chronometer.) Wenn man die bisher dargestellten vorzüglichsten Instrumente der neueren Astronomie näher betrachtet, so sieht man leicht, wie sich damit alle Beobachtungen, deren die Wissenschaft in ihrem gegenwärtigen Zustande bedarf, anstellen lassen. Diese Beobachtungen beziehen sich sämmtlich auf die Durchgänge der Gestirne durch den Meridian (zur Bestimmung der Zeit, oder, wenn diese bereits bekannt ist, der Rectascension durch das Mittagsrohr), oder auf die Bestimmung der Höhen (im Meridian zur Kenntniß der Deklinationen durch den Meridiankreis oder den Mauerquadranten, oder außer dem Meridian zur Zeitbestimmung durch den Multiplikationskreis) oder endlich auf die Bestimmung der Differenzen der Rectascension und Deklination (durch Aequatoriale oder auch durch einfache, aber mit Mikrometern versehene Fernröhre). Man hat überdieß im Verlaufe dieses Werkes gesehen, wie man, bloß mit Hülfe dieser beobachteten Höhen der Gestirne die Polhöhe oder die geographische Breite, die Schiefe der Ekliptik u. s. w. finden, und wie man aus diesen und ähnlichen Bestimmungen die sämmtlichen Elemente der Planetenbahnen durch Rechnung ableiten kann, z. B. die Lage der Nachtgleichen, die Umlaufszeiten der Planeten, ihre Knotenlinien, Neigungen, ihre Entfernungen.

Noch ist uns übrig zu sagen, wie man mittelst derselben Instrumente auch die geographische Länge seines Beobachtungsortes bestimmen kann, dieses wichtige Element, ohne welches wir nicht wüßten, welchen Punkt der Oberfläche der Erde, oder wenigstens, welchen Punkt unseres irdischen Parallelkreises wir bewohnen, und dessen Unkenntniß besonders den Schiffer auf der hohen See in die größten Gefahren bringen könnte.

Dem Seemanne, der auf seiner Fahrt in entlegene Gegenden oft nichts als Himmel und Wasser vor sich sieht, muß es nämlich von der äußersten Wichtigkeit seyn, jeden Tag, ja jede Stunde genau zu wissen, auf welchem Punkte der Oberfläche der Erde er sich befindet, sowohl um von diesem Punkte aus die rechte Richtung nach dem bestimmten Lande einzuschlagen, als auch um sich vor Klippen und Untiefen, die vielleicht in seiner Nähe sind, zu bewahren. Diese für sein Schiff gefährlichen Stellen sind nämlich größtentheils von frühern Seefahrern bereits bemerkt und in ihre Karten aufgenommen worden. Man kennt daher die geographische Länge und Breite derselben, und es ist nun Sache ihrer Nachfolger, zu wissen, ob sie in der Nähe solcher Stellen sind, d. h. zu wissen, welches in jedem Augenblicke ihre eigene Länge und Breite ist.

Was nun die Breite oder die Polhöhe betrifft, so ist bereits oben (I. §. 44.) umständlich gezeigt worden, wie man sie durch Beobachtungen der Höhe der Gestirne finden kann, daher wir uns hier nicht weiter dabei aufhalten. Nicht so verhält es sich mit der geographischen Länge, die daher hier noch einige Erläuterungen bedarf.

Bemerken wir zuerst, daß man die geographische Länge eines Ortes in Beziehung auf einen andern bereits bekannten Ort, z. B. auf Paris, kennen wird, wenn man weiß, wie viel es, in demselben Augenblicke, an diesen beiden Orten Uhr sey. Gesetzt ein Schiffer habe nach einem heftigen Sturm, der ihn in ganz unbekannte Gegenden verschlagen, in der ersten heitern Stunde, nachdem sich der Himmel wieder aufgeklärt hat, seine Breite 8° 10′ nördlich und zugleich, durch irgend eine beobachtete Höhe der Sonne oder irgend eines andern Gestirns außer dem Meridian gefunden, daß seine Uhr, die im Augenblicke dieser Beobachtung 8ʰ 26′ 50″ zeigte, um volle 8ʰ 3′ 30″ gegen mittlere Sonnenzeit seines ge-

Digitized by Google

genwärtigen Aufenthaltsortes zu wenig zeigt, daß es also in diesem Augenblicke auf seinem Schiffe genau $16^h\ 30'\ 20''$ mittlere Zeit oder $4^h\ 30'\ 20''$ Morgens ist. Man hat bereits oben gesehen, auf welche Weise er diese seine Breite sowohl, als auch seine wahre Ortszeit durch eine einfache Beobachtung finden kann. — Wenn er nun auch zugleich wüßte, daß es, in demselben Augenblicke, in Paris genau $8^h\ 22'\ 30''$ Abends mittlere Pariser Zeit sey, so würde er auch sofort wissen, daß er $16^h\ 30'\ 20''$ weniger $8^h\ 32'\ 30''$, das heißt, daß er $8^h\ 7'\ 50''$ östlich, oder daß er $121°\ 57'\ 30''$ östlich von Paris entfernt sey, daß also seine nördliche Breite $8°\ 10'$ und seine östliche Länge $121°\ 57'\ 30''$ betrage, und der erste Blick auf seine Karte würde ihm zeigen, daß sein Schiff in der Nähe der westlichen Spitze der Insel Maghindano, die in der Mitte zwischen der Insel Lucon und Borneo liegt, sich befinde, und daß er daher seinen Lauf nördlich nehmen müsse, wenn er nach der Stadt Manilla bestimmt ist. — Allein wie soll er erfahren, wie viel Uhr man in eben diesem Augenblicke in Paris zählt?

Das einfachste Mittel zu diesem Zwecke ist ohne Zweifel ein Chronometer, das heißt eine Uhr mit Federn (denn eine Pendeluhr läßt sich auf dem immer wankenden Schiffe nicht brauchen), auf deren guten Gang er sich vollkommen verlassen kann. Ehe der Schiffer Paris verließ, verglich er seinen Chronometer täglich mit der Uhr der Sternwarte, und fand, daß derselbe in jedem Tage regelmäßig um 2 Sec. gegen die mittlere Zeit vorausgehe. Als er Paris verließ, um seine Reise anzutreten, fand er, daß sein Chronometer um $0^h\ 3'\ 0''$ gegen die mittlere Pariser Zeit voraus sey. Seitdem bis zu dem gegenwärtigen Tage sind volle 40 Tage verflossen, in welchen also die Uhr, wenn sie ihren vorigen Gang unverändert beibehielt, 2mal 40 Secunden oder 1 Minute 20 Secunden weiter vorausgegangen seyn muß, so daß sie also heute um $0^h\ 4'\ 20''$ gegen mittlere Zeit Paris zu viel gehe. Nun war aber die Uhrzeit der Beobachtung $8^h\ 26'\ 50''$, also ist auch die mittlere Pariser Zeit dieser Beobachtung um $4'\ 20''$ kleiner oder gleich $8^h\ 22'\ 30''$, wie zuvor.

Es wird zur besseren Uebersicht dieses interessanten Verfahrens nicht überflüssig seyn, dasselbe noch auf ein zweites Beispiel anzuwenden, welches unmittelbar aus dem Reisejournal eines französischen Seefahrers im Jahr 1793 genommen ist. Der Schiffer kam in der Mitte des März desselben Jahrs in dem Hafen von Tongatabu, einer der Freundschaftsinseln, an. Dieser Ort war schon früher durch englische Seefahrer genau bestimmt worden. Seine südliche Breite ist $21°\ 7'\ 35''$ und seine östliche Länge von Paris $12^h\ 9'\ 47.4''$. Unser Schiffer wollte von da über die hebridischen und caledonischen Inseln nach Ostküste von Neuholland fahren. Um seiner Länge zwischen den vielen Inseln, durch welche sein Lauf gehen sollte, gewiß zu seyn, beschloß er, hier einige Tage zu verweilen, um den Stand und Gang seines Chronometers zu prüfen. Zu diesem Zwecke nahm er am 29. März in den Morgenstunden eine Sonnenhöhe auf Tongatabu, als sein Chronometer $7^h\ 34'\ 28.8''$ zeigte. Die Berechnung dieser Höhe zeigte ihm, daß seine Beobachtung um $7^h\ 33'\ 55.1''$ mittlere Zeit von Tongatabu gemacht worden war, und daß also sein Chronometer in diesem Augenblick um 33.7 Secunden vor seiner mittleren Ortszeit vorausging.

Eine ähnliche Beobachtung stellte er auch am 7ten April um $7^h\ 57'\ 3.2''$ Uhrzeit an und fand, daß dieser Uhrzeit die mittlere Zeit $7^h\ 55'\ 42.3''$ entspreche, so daß also jetzt, neun Tage nach jener ersten Beobachtung, die Uhr um $1'\ 20.9''$ gegen die mittlere Zeit vorausgeht, und daß

Digitized by Google

zugleich ihre tägliche Voreilung gegen mittlere Zeit den neunten Theil von 1′ 20.9″ weniger 33.7″, das heißt 5.″24 beträgt.

Am 8ten April segelte er von diesem Hafen gen West ab. Am 12ten überfiel ihn ein Sturm, der bis zum 14ten währte und ihn, wie er besorgte, von dem rechten Weg abgebracht hatte. Als am 15ten April Nachmittag sich die Sonne wieder zeigte, bestimmte er zuerst seine Breite, die er gleich 19° 51′ 20″ südlich fand. Um nun auch seine Länge, von seinem bekannten Abfahrtsorte Tongatabu zu erhalten, beobachtete er auf dem Schiffe mit seinem Sextanten zur Zeit, als sein Chronometer 3ᴬ 48′ 28″ zeigte, eine Sonnenhöhe und fand daraus durch Rechnung, daß er diese Beobachtung um 2ᴬ 47′ 25.5″ mittlerer Ortszeit seines Schiffes angestellt habe.

Um nun auch, für denselben Augenblick seiner Beobachtung, die mittlere Zeit von Tongatabu zu erhalten, so war, nach seinen früheren Beobachtungen in jenem Hafen, der Chronometer am 7ten April gegen die mittlere Zeit des Hafens um 1′ 20.9″ voraus. Da aber derselbe Chronometer täglich um 5.24″ noch weiter vorausgeht, so mußte er am 15ten April oder 8.3 Tage nach jener Beobachtung des 7ten April, um 8.3mal 5.24″ oder um 43.5″ mehr, also im Ganzen um 2′ 4.4″ gegen die mittlere Zeit jenes Hafens voraus seyn. Wir haben demnach für den Augenblick der letzten Beobachtung

Zeit des Chronometers auf dem Schiffe	3ᴬ 48′ 28.0″
Correktion	2′ 4.4″
Mittlere Zeit in Tongatabu	3ᴬ 46′ 23.6″
Zuvor war aber mittlere Zeit des Schiffs	2ᴬ 47′ 25.5″
Differenz	0ᴬ 58′ 58.1″

und dieß ist daher zugleich die gesuchte Längendifferenz des Schiffs und des Hafens von Tongatabu. Da die mittlere Schiffszeit kleiner ist, als die mittlere Hafenzeit, so liegt das Schiff um 0ᴬ 58′ 58.1″ westlich von jenem Hafen. Es war aber die bekannte

Länge von Tongatabu	12ᴬ 9′ 47.4″
die gefundene Längendifferenz	0ᴬ 58′ 58.1″

also ist auch die gesuchte östliche Länge

des Schiffs von Paris	11ᴬ 10′ 49.3″

Drückt man dieß durch die Multiplikation mit 15 in Graden aus, so erhält man für den Ort des Schiffs zur Zeit der letzten Beobachtung

östliche Länge von Paris	167° 42′ 19.5″
südliche Breite	19° 51′ 20.0″

Ein Blick auf die Karte zeigte ihm daher, daß sein Schiff an der Westküste Neuhollands und zwar in der Nähe der Cumberlands-Insel am Glouceſter-Vorgebirge sey.

§. 213. (Längenbestimmungen durch Finsternisse.) Es gibt noch mehrere Methoden, die geographische Länge durch Beobachtungen zu bestimmen, von welchen wir nur einige der vorzüglichsten kurz anführen wollen.

Die Mondsfinsternisse (I. §. 174) bieten sich zu diesem Zwecke als besonders bequem an. Da diese Finsternisse dadurch entstehen, daß die für uns ganz beleuchtete Mondsscheibe zur Zeit des Vollmonds in den Schattenkegel tritt, welchen die Erde hinter sich wirft, so wird der Mond dadurch seines, bloß von der Sonne geborgten Lichtes, in der That beraubt und diese Verdunklung desselben muß von allen Bewohnern der Erde, die nur überhaupt den Mond zur Zeit seiner Finsterniß

Digitized by Google

sehen können, in demselben Augenblicke gesehen werden, so daß also nur jeder diesen Augenblick an der richtig nach seiner Ortszeit gehenden Uhr angeben darf, um sofort auch die Längendifferenz aller Beobachter dieser Finsterniß zu erhalten.

Bei den Längenbestimmungen jeder Art kömmt nämlich alles darauf an, eine Erscheinung aufzufinden, die für alle, denen sie überhaupt nur bemerkbar ist, in demselben Augenblicke gesehen wird, die also tautochron ist, da man eigentlich nur wissen will, wie viel jeder von den Beobachtern dieser Erscheinung in diesem Augenblicke an seiner richtig gehenden Uhr zählt, d. h. welche wahre oder mittlere Sonnenzeit oder auch welche Sternzeit jeder dieser Beobachter in diesem Augenblicke hat, da dann die Differenz dieser Zeiten zugleich die Differenz der gesuchten Längen der Beobachter ist.

Da dieß nun von den Mondsfinsternissen sowohl, als auch von den Verfinsterungen der Satelliten anderer Planeten z. B. des Jupiters gilt, so werden sie auch unmittelbar zu Längenbestimmungen angewendet werden können, wie wir dieß bereits oben (I. §. 179) bemerkt haben. Allein diese Finsternisse haben zu dem gegenwärtigen Zwecke den Nachtheil, daß sie nicht mit hinlänglicher Schärfe beobachtet werden können. Der Schattenkegel der Erde ist nämlich, wegen dem ihn umgebenden Halbschatten, nur sehr unvollkommen begränzt, und dieß ist die Ursache, daß man den eigentlichen Anfang oder das Ende der Finsterniß nie mit Gewißheit angeben kann. Kurz vor dem Anfange wird der Ort des Mondrandes, wo sie beginnen soll, durch jenen Halbschatten gleichsam mit einem Rauche, mit einem matten Schleier überzogen, der sich nur langsam näher zu dem Mittelpunkt hin zieht und zugleich immer dunkler wird und so, durch allmählige Abstufungen das Licht des Mondes mehr und mehr verfinstert, so daß der Augenblick der völligen Verfinsterung nicht genau angegeben werden kann. Dasselbe ist auch von dem Ende der Finsterniß zu bemerken. Man hat diesem Umstande dadurch abzubelfen gesucht, daß man auch den Ein- und Austritt der Flecken des Mondes in den Schatten beobachtete, aber auch diese leiden, obschon in geringerem Grade, unter derselben Unvollkommenheit. Zum Beweise führe ich hier eine Mondsfinsterniß an, die im Jahr 1790 in Paris und auf der Sternwarte Seeberg bei Gotha beobachtet wurde.

	Paris m. Z.	Seeberg m. Z.	Längendifferenz.
Anfang	11ʰ 7′ 33″	11ʰ 41′ 44″	0ʰ 34′ 11″
Copernikus	11 29 58	12 3 21	0 33 23
Tycho	11 30 23	12 4 5	0 33 42
Ende	13 55 23	14 28 36	0 33 13

wo man aus den Zahlen der letzten Columne sieht, wie wenig die Resultate solcher Beobachtungen unter sich übereinstimmen. Besser harmoniren allerdings die Beobachtungen der Finsternisse der Jupitersmonde, aber auch sie lassen noch immer viel zu wünschen übrig. Dazu kommt, daß diese Finsternisse nicht so oft vorfallen, als der Schiffer besonders sie braucht, der jeden Tag die Lage seines Schiffes kennen muß, wenn er sich nicht den größten Gefahren ausgesetzt sehen will.

Die Sonnenfinsternisse (I. §. 175), so wie die Bedeckungen der Fixsterne von dem Monde (I. §. 179) haben den Vortheil, daß sie sich mit großer Schärfe beobachten lassen. Zwar sind diese Erscheinungen nicht tautochron, oder sie haben nicht für alle Beobachter auf der Erde in demselben Augenblick statt. Sie entstehen nämlich dann, wenn der Mond in seinem Laufe gen Ost sich zwischen den Beobachter auf der Erde und

Digitized by Google

zwischen die Sonne oder den Fixstern stellt und uns daher den Anblick dieser Gestirne raubt oder, wie man zu sagen pflegt, sie verfinstert. Man sieht aber, daß dabei die Stellung des Beobachters auf der Oberfläche der Erde diese Erscheinungen gar mannigfaltig verändern kann. Ein sehr östlich stehender Beobachter wird z. B. den Mond noch weit westlich von dem Stern sehen können, während für den westlichen Beobachter der Stern von dem Monde schon seit längerer Zeit bedeckt ist. Allein da man die Bewegung des Mondes schon so genau kennt, so ist es leicht, die von der Oberfläche der Erde beobachtete Finsterniß durch Rechnung auf diejenige Zeit zu bringen, zu welcher man sie aus dem Mittelpunkte der Erde beobachtet haben würde, und wenn diese Reduktion, die man bei der gegenwärtigen Vollkommenheit unserer Mondstafeln mit großer Schärfe vornehmen kann, bei allen Beobachtungen derselben Finsterniß vorgenommen wird, so hat man dann, für diese gleichsam von dem Mittelpunkte der Erde gesehene Finsterniß, die wieder für alle Beobachter tautochron ist, die Ortszeiten der verschiedenen Beobachter auf der Erde, daher man nur wieder diese Ortszeiten, wie zuvor, von einander subtrahiren darf, um sofort auch die gesuchten Längendifferenzen dieser Beobachtungsorte zu erhalten.

Um auch dieß durch ein Beispiel zu erläutern, so hat man für die Bedeckung des Sterns ε Zwillinge durch den Mond am 8ten August 1798 folgende Beobachtungen:

	Mittlere Ortszeit.	
	Eintritt.	Austritt.
Leipzig . .	1ᴬ 35′ 17″	2ᴬ 19′ 31″
Ofen . . .	1 57 28	2 35 37
Danzig . .	2 1 39	2 46 45
Celle . . .	1 27 42	2 13 29

Sucht man daraus mittelst jener Rechnung diejenigen mittleren Ortszeiten, für welche ein Beobachter im Mittelpunkt der Erde den Mittelpunkt des Monds eben über jenem Stern sehen würde, so erhält man für diese Ortszeiten

Leipzig . .	3ᴬ 2′ 37″
Ofen . . .	3 29 14
Danzig . .	3 27 38
Celle . . .	2 53 15

und die Differenzen dieser Zeiten sind auch zugleich die gesuchten Differenzen der geographischen Längen dieser Orte. Nimmt man daher die Länge von Leipzig oder 0ᴬ 40′ 13″ von Paris, als bereits bekannt, und so erhält man für die Länge

von Ofen . .	1ᴬ 6′ 50″
Danzig .	1 5 14
Celle . .	0 30 51

Beobachtungen dieser Art geben zwar sehr genaue und sehr gut unter sich übereinstimmende Resultate, daher sie auch zu Längenbestimmungen auf dem Festlande vorzugsweise von den Astronomen zu diesem Zwecke gewählt werden, allein für den Seemann fallen sie ebenfalls viel zu selten vor, als daß er sich auf sie verlassen könnte, selbst wenn es möglich wäre, daß ihm die Beobachtungen der anderen schnell genug mitgetheilt werden könnten, um davon zu seinem Zwecke Gebrauch zu machen.

§. 214. (Längenbestimmungen durch Mondsdistanzen.) Für den Schif-

Digitized by Google

fer handelt es sich also vorzüglich um ein Verfahren, welches jeden Tag, ja jede Stunde angewendet werden kann, und welches zugleich so genaue Resultate gibt, als nöthig ist, ihm über den Lauf seines Schiffes und über die ihn umgebenden Gefahren wenigstens in den meisten Fällen sicher zu stellen.

Dieses Mittel hat schon Halley in den Beobachtungen der Distanzen des Mondes von den vorzüglichsten Fixsternen gefunden. Allein zu seiner Zeit, zu Ende des 17ten Jahrhunderts, war die Theorie des Mondes noch zu unvollkommen, um diese Methode mit Nutzen gebrauchen zu können. In unseren Tagen aber sind die Bewegungen des Mondes bereits so gut bekannt, daß dieses Verfahren, die geographische Länge zu bestimmen, mit Sicherheit angewendet werden kann und auch in der That von allen erfahrenen Schiffern vorzugsweise angewendet wird. Man verfährt aber dabei auf folgende Weise.

Da man aus den astronomischen Tafeln, den Ort des Mondes sowohl, als den der Fixsterne, wie er aus dem Mittelpunkte der Erde erscheint, für jeden Augenblick leicht finden kann, so wird man daraus auch, durch eine einfache Rechnung, den Abstand finden, um welchen für diesen Augenblick der Mond von jedem jener Sterne entfernt ist. Die Astronomen haben daher in ihren Ephemeriden diese Distanz des Mondes, sowohl von etwa zehn bis zwölf der größten Fixsterne, als auch von der Sonne und von den größten Planeten für jeden Tag von 6 zu 6 Stunden voraus berechnet und durch den Druck bekannt gemacht, damit die Schiffer diese Tafeln auf ihren Reisen mit sich nehmen, und dann ihre künftigen Längenbestimmungen darauf gründen können. Nehmen wir an, daß man auf diese Art die von dem Mittelpunkte der Erde gesehene Distanz des Mondes von irgend einem anderen Gestirne, z. B. von der Sonne für folgende Zeiten durch Rechnung voraus gefunden habe:

Mittlere Pariser Zeit		geocentr. Distanz ☉☾
18ten August Mitternacht	0^h	24° 30′ 10″
Morgens	6	27 50 40
Mittags	12	31 21 25
Abends	6	35 2 40

Es habe nun ein Schiffer in dem sogenannten großen Ocean zuerst seine Breite zu 9° 30′ Nördl. und den Fehler seiner Uhr bestimmt, und dann, um 7^h 3′ 40″ seiner mittleren Ortszeit in den Abendstunden, mit seinem Sextanten die Distanz des Mittelpunkts der Sonne und des Mondes gleich 28° 30′ 10″ beobachtet.

Man sieht schon aus dieser Distanz, die gegen 7^h Abends der Schiffszeit genommen wurde, da sie zwischen die zweite und dritte der oben berechneten Distanzen fällt, daß es, zur Zeit dieser Beobachtung, in Paris zwischen 6 und 12 Uhr und zwar nahe 7 Uhr Morgens gewesen seyn müsse, so daß also das Schiff nahe 12 Stunden mehr zählt, als Paris, oder daß das Schiff nahe in der östlichen Länge von 12^h von Paris gewesen seyn müsse.

Allein diese bloße Schätzung, die man übrigens durch eine einfache Proportion leicht genau berechnen könnte, würde doch sehr unrichtig seyn. Denn jene voraus berechneten Distanzen beziehen sich, wie gesagt, auf den Mittelpunkt der Erde, während die hier auf dem Schiffe beobachtete nicht von dem Mittelpunkte, sondern von der Oberfläche der Erde genommen wurden, und daher mit jener nicht unmittelbar verglichen werden können. Um diese Vergleichung beider Distanzen richtig anzustellen,

Digitized by Google

wird man also zuerst diese beobachtete Distanz ebenfalls auf den Mittelpunkt der Erde reduziren müssen.

Ohne uns hier dabei aufzuhalten, wie diese Reduktion gefunden wird, wollen wir annehmen, daß sie für unseren Fall 0° 12′ 20″ betrage, so daß also diese beobachtete Distanz, von dem Mittelpunkte der Erde gesehen, gleich 28° 42′ 30″ ist.

Dieses vorausgesetzt, fragt es sich nun, wie viel es in Paris mittlere Zeit ist, wenn die geocentrische Distanz der Sonne und des Mondes an jenem Tage 28° 42′ 30″ beträgt. — Dieß findet man aber sehr leicht aus der vorhergehenden Tafel, in welcher man sieht, daß die Distanz der beiden Gestirne von 6 Uhr Morgens bis Mittag sich um 3° 30′ 45″ ändert, während die beobachtete geocentrische Distanz von der der sechsten Morgenstunde nur um 0° 51′ 50″ verschieden ist. Dieß gibt nämlich die Proportion

$$3° 30′ 45″ : 6^h = 0° 51′ 50″ : x$$

woraus folgt, daß x gleich 1^h 28′ 32.5″ ist, welche Zeit dann, zu 6^h addirt, die gesuchte korrespondirende mittlere Pariser Zeit jener Beobachtung zu 7^h 28′ 32.5″ gibt. Wir haben demnach für diese Beobachtung

mittlere Schiffszeit . . .	19^h 3′ 40″	Abends
mittlere Pariser Zeit . .	7 28 32.5″	Morgens
Differenz	11^h 35′ 7.5″	

und dieß ist daher zugleich die gesuchte Länge des Schiffs von Paris und zwar östlich von Paris, da die Ortszeit des Schiffs größer ist, als die von Paris. Multiplicirt man diese Differenz durch 15, so erhält man für die Ortsbestimmung des Schiffs

östliche Länge von Paris	173° 46′ 52.5″
nördliche Breite . . .	9° 30′ 0″.

Die Karte zeigt, daß das Schiff zu jener Zeit in der Nähe der Insel Ulul, einer der Karolinen-Inseln war, die zwischen den Marianen- und Mulgraves-Inseln liegen.

Das Vorhergehende wird, wie wir glauben, hinreichen, dem Leser einen genügenden Begriff von diesen interessanten Bestimmungen und überhaupt von den vorzüglichsten Beschäftigungen des praktischen Astronomen und Seefahrers zu geben.

§. 215. (Beobachtungsfehler der ersten Art.) Doch wird man darum nicht glauben, daß damit das Geschäft des wahren astronomischen Beobachters auch schon völlig geschlossen ist. Seine Pflichten sind eben so ausgebreitet und mannigfaltig, als der Gegenstand, mit welchem er sich beschäftiget, und seine Untersuchungen sind in vielen, ja in den meisten Fällen der Art, daß sie praktische Geschicklichkeit und theoretischen Scharfsinn in einem Grade erfordern, der nur selten in einem und demselben Menschen vereinigt angetroffen wird. Hier wird es genügen, nur einige der großen Hindernisse, die er beinahe täglich und in allen seinen Unternehmungen zu besiegen hat, wenigstens im Allgemeinen anzuzeigen. — Da kein Menschenwerk irgend einer Art vollkommen ist, so können wir dieß auch von unseren astronomischen Instrumenten, selbst von den besten, nicht erwarten. Ja wenn es auch einmal irgend einem glücklichen Künstler zufällig gelingen sollte, ein in allen seinen Beziehungen fehlerfreies Instrument herzustellen, so würde dasselbe doch keine Dauer haben und in der nächsten Stunde vielleicht schon wieder einer Menge, wenigstens kleiner Fehler unterworfen seyn. Die immer wechselnden Fluktua-

Digitized by Google

tionen der Wärme in der Atmosphäre bringen in jedem Instrumente nicht bloß augenblickliche und vorübergehende, sondern selbst konstante Veränderungen hervor, die sich nie ganz wieder herstellen. Durch das Gewicht der einzelnen Theile, die bei einem solchen Werkzeuge, bei dem Gebrauche desselben, verschiedene Lagen gegen einander annehmen müssen, werden Verziehungen, Pressungen und Reibungen entstehen, die kein noch so symmetrischer Bau des Ganzen und kein noch so zweckmäßig ausgedachtes Gegengewichtssystem vollkommen aufheben kann. Außer diesen und ähnlichen Hindernissen, deren gänzliche Entfernung außer dem Bereiche des Künstlers sowohl, als auch des Beobachters ist, wird jedes, auch das beste Instrument noch Fehler der Ausführung haben, die wohl mit der Geschicklichkeit und dem Scharfsinne des Künstlers sich vermindern, aber nie völlig verschwinden werden. Die Axe wird nie vollkommen cylindrisch, nie ganz koncentrisch mit ihrem Kreise, dieser wird nicht geometrisch kreisförmig, die Eintheilung desselben nie völlig fehlerfrei seyn u. s. w. Dasselbe wird auch von der Aufstellung dieser Instrumente gelten. Die Ebene des Meridiankreises oder die optische Axe seines Fernrohrs wird nie ganz genau in der Ebene des Meridians, die vertikale Axe des Multiplikationskreises nie völlig senkrecht auf dem Horizonte, die Drehungsaxe des Aequatorials nie vollkommen der Weltaxe parallel seyn u. s. w., da alle Vorsicht, die man dabei angewendet haben mag, doch nur eine Annäherung zur Wahrheit, aber nicht diese Wahrheit selbst, nur eine Verminderung, aber keine völlige Vernichtung aller jener Fehler erreichen kann. So vollkommen diese Instrumente auch gebaut und aufgestellt seyn mögen, die Forderungen des Beobachters werden immer vor den Leistungen des Künstlers voraus seyn, und an jenem ist es daher, sich so viel als möglich von diesen unabhängig zu machen, und die Fehler, welche der Künstler von diesem Instrumente nicht ganz entfernen konnte, entweder geschickt zu umgehen und dadurch unschädlich zu machen, oder ihre wahre Größe durch die Beobachtungen selbst zu entdecken und dann von ihnen Rechnung zu tragen. — Zu dieser Absicht muß der Astronom seine Beobachtungen so auswählen, so untereinander verbinden und sich mit allen Eigenheiten seines Instruments und mit den verschiedenen Fehlerquellen desselben so innig bekannt machen, daß er in diesen Fehlern selbst, so weit dieß menschlichen Kräften möglich ist, die Wahrheit erkennen und aus ihnen die der Natur der beobachteten Erscheinungen gemäße oder richtige Resultate herausfinden kann. Hierin vorzüglich besteht das eigentliche Geschäft des praktischen Astronomen, ein schweres und oft sehr verwickeltes Geschäft, von welchem aber hier nur die allgemeinsten Züge den Lesern mitgetheilt werden können, da es, um sie völlig zu verstehen, nöthig seyn würde, alle diese Geschäfte selbst bei jedem einzelnen Instrumente umständlich durchzugehen. Mehrere Winke dazu sind übrigens bereits in dem Vorhergehenden enthalten. So wird z. B. bei allen oben erwähnten Kreisen vorausgesetzt, daß sich die Alhidade desselben mit diesem Kreise genau koncentrisch bewegt. Da diese Forderung von dem Künstler nicht in aller Strenge befriediget werden kann, so bleibt dem Beobachter, wenn er genaue Resultate erhalten will, nichts anderes übrig, als entweder die Größe dieser Excentricität aufzusuchen und seine Beobachtungen darnach zu verbessern, oder aber diesen Fehler durch irgend ein Mittel zu umgehen und dadurch unschädlich zu machen. Nun läßt sich auf eine sehr einfache Weise, durch bloße Elementargeometrie, zeigen, daß, wie groß auch diese Excentricität seyn mag, die Wirkung derselben dadurch völlig vernichtet wird, wenn man der Alhidade, z. B. der Alhidade mm' des Aequatorials (Fig. 110) zwei

Digitized by Google

einander gegenüberstehende Arme gibt und von den Endpunkten m und m' derselben jeden mit einem Vernier versieht. Denn dann wird, bei einer excentrischen Alhidade, der eine Vernier immer eben so viel zu weit voraus stehen, als der andere zurücksteht, die beiden Lesungen werden, die eine eben so viel zu groß, als die andere eben so viel zu klein und daher das Mittel aus beiden Lesungen immer der Wahrheit gemäß seyn. Aus dieser Ursache sind auch bei allen besseren Kreisen diese Alhidaden immer doppelt und einander entgegengesetzt, um dadurch alle Fehler der Excentricität des Instruments aus den Beobachtungen zu eliminiren. Aber nicht immer, ja nur selten läßt sich dieses Umgehen eben so einfach auch auf die anderen Fehler des Instruments anwenden. Wenn z. B. die Rotationsaxe des Aequatorials der Weltaxe nicht, wie es doch für jede gute Beobachtung erfordert wird, parallel ist, so bleibt hier nichts übrig, als die Abweichung dieser Rotationsaxe von ihrer wahren Lage in horizontaler sowohl, als auch in vertikaler Beziehung aufzusuchen, wie wir dieß oben (§. 204) gethan haben, und dann von den so bekannten Fehlern dieser Axe bei jeder künftigen Beobachtung Rechnung zu tragen.

§. 216. (Allmählige Ausbildung der Astronomie.) Bemerken wir noch, wie aus allen diesen Betrachtungen von selbst hervorgeht, daß unsere Kenntnisse des Sonnensystems und überhaupt alle unsere astronomischen Kenntnisse sich nothwendig nur stufenweise und allmählig erweitern und berichtigen konnten. Die großen, gleichsam die groben Züge der Erscheinungen, die uns der Himmel darbiet, fand man ohne Zweifel, mit einiger Aufmerksamkeit, schon in den ersten Zeiten und mit noch sehr unvollkommenen Instrumenten, oder auch ohne alle Hülfe derselben mit bloßen Augen, und jene ersten Beobachter werden nicht angestanden haben, sie als von ihnen entdeckte Naturgesetze zu betrachten. So wie wir aber mit diesen Erscheinungen durch fortgesetzte Beobachtungen vermittelst allmählig besserer Instrumente näher bekannt wurden, so fanden sich sofort mehrere Ausnahmen von diesen sogenannten allgemeinen Gesetzen, und man sah sich dadurch in die Nothwendigkeit versetzt, jene Gesetze zu ändern und mannigfaltig zu modifiziren, um sie den neuen Erscheinungen besser anzupassen. Spätere Verbesserungen der Instrumente und der Beobachtungskunst führten wieder ähnliche, neue Modifikationen herauf, bis wir endlich, durch immerwährende Korrektion unserer früheren Ansichten, zu demjenigen Grade unserer Erkenntniß der Natur gelangten, den wir gegenwärtig einnehmen und der ohne Zweifel in der Folge der Zeiten noch viel weiter erhöht werden wird, so lange das Menschengeschlecht für das Größte und Erhabenste, das es zum Gegenstande seiner Betrachtung wählen kann, Sinn und Empfänglichkeit behält. Unsern alten Vorgängern in Griechenland mag es schwer genug geworden seyn, die Kreise zu erkennen, in welchen sich die Planeten unseres Sonnensystems bewegen sollten. Zweitausend volle Jahre verflossen seit jener Entdeckung, bis endlich ein hochbegabter Mann aus den Beobachtungen Tycho's, die alle diejenigen seiner Vorgänger an Genauigkeit übertrafen, den Schluß zog, daß diese Bahnen der Planeten keine Kreise, sondern Ellipsen sind, in deren einem Brennpunkte die Sonne ruht. Und erst in der Mitte des letztvergangenen Jahrhunderts, wo die astronomischen Instrumente, besonders durch englische Künstler, eine neue Verbesserung erhielten, konnte man durch Beobachtungen zeigen, daß auch diese Ellipsen nur eine Annäherung zur Wahrheit sind, und daß die eigentlichen Bahnen der Planeten sehr zusammengesetzte krumme Linien von doppelter Krümmung sind, deren Gestalt und Lage immer-

Digitized by Google

währenden Aenderungen unterworfen ist, Aenderungen, von welchen uns die von Newton begründete und von seinen Nachfolgern weiter ausgebildete Theorie die vollständigste Rechenschaft gibt. — Eben so hat man vielleicht sehr bald bemerkt, daß alle Fixsterne ihren täglichen Weg um die Erde in Kreisen zurücklegen, und wir haben gesehen, welche Mühe es unsern Vorgängern kostete, sich von dieser Täuschung zu befreien und diese Erscheinung durch die tägliche Umdrehung der Erde um ihre Axe zu erklären. Erst spät erkannte man mit Hülfe neuer, besserer Instrumente, daß diese sogenannten Kreise der Fixsterne auch eine Art von elliptischer Gestalt hatten, und dadurch wurde man auf die Entdeckung der Refraktion geführt, ohne deren Kenntniß jede weitere Ausbildung der Astronomie so gut als unmöglich gewesen wäre. Nun glaubte man endlich, die krummen Linien, welche die Gestirne in ihrem täglichen scheinbaren Laufe um die Erde beschreiben, vollkommen bestimmt zu haben und jeden Punkt derselben mit der größten Schärfe angeben zu können. Allein als Bradley in der Mitte des vorigen Jahrhunderts in den Besitz des besten Instrumentes seiner Zeit gelangte, entdeckte dieser vortreffliche Beobachter noch zwei andere Bewegungen der Fixsterne, durch welche jene krumme Linie, die man schon so genau zu kennen wähnte, gar mannigfaltig verändert und in ihrer Gestalt umgeformt wurde, Bewegungen, die wir jetzt unter der Benennung der Aberration (I. §. 73) und der Nutation (I. §. 193) bei allen unseren Beobachtungen täglich berücksichtigen und ohne deren Kenntniß die Astronomie nie denjenigen Grad der Vollkommenheit erhalten hätte, deren sie sich jetzt erfreut. Unsere späten Enkel werden dereinst noch die eigenen Bewegungen eines jeden dieser Fixsterne hinzufügen, von welchen wir jetzt noch so wenig wissen, und sie werden ihre Zeitgenossen über die Bewegung des ganzen Sonnensystems im Weltraume belehren, über deren Größe und Richtung wir noch ganz im Dunkeln sind.

Auf diesem Wege der allmähligen Verbesserungen also ist unsere gegenwärtige Kenntniß der Astronomie entstanden. Wenn eines jener sogenannten Gesetze der Natur gefunden war und wenn, oft erst nach mehreren Jahrhunderten, neue und bessere Beobachtungen uns auf Ausnahmen von diesem Gesetze führten, so stellten diese Ausnahmen sich zuerst unter der Gestalt von Fehlern der Beobachtungen dar, für welche sie auch in der That, so lange man noch keine Ursache von solchen Ausnahmen kennt, gehalten werden müssen. Wenn aber diese vermeinten Ausnahmen sich immer mehr und mehr wiederholen und bei einer näheren Betrachtung ebenfalls wieder nach einem gewissen Gesetze fortzugehen scheinen, so können wir nicht mehr umhin, den Grad derselben, nicht sowohl in dem Instrumente oder in der Beobachtungsart, sondern in der Natur selbst zu suchen und jenes hypothetische Gesetz der Natur dahin zu verändern, daß dasselbe nicht nur jene Erscheinungen in ihren ersten rohen Zügen, sondern daß es auch diese sogenannten Ausnahmen darzustellen vermag, wodurch dann wieder den Beobachtungen so lange genug gethan wird, bis eine neue Verbesserung der Instrumente oder eine neue Verfeinerung der Analyse uns neuerdings zu anderen Ausnahmen führt, deren Darstellung denn auch wieder eine neue Modifikation der vorhergehenden Hypothese nothwendig macht.

Zu diesem Fortschreiten in der Erkenntniß der Natur gehört aber, wenn sie sicher seyn soll, vor allem die oben erwähnte innige Bekanntschaft des Beobachters mit seinem Instrumente. Denn die meisten derjenigen Beobachtungsfehler, die bloß von einer Unvollkommenheit in dem Bau oder in der Aufstellung der Instrumente entspringen, haben

Digitized by Google

ebenfalls die Eigenschaft, daß sie nach gewissen Gesetzen fortgehen und in bestimmten Perioden eingeschlossen sind, nach welchen sie in der früheren Ordnung wiederkehren. Dieß wird z. B. der Fall seyn bei einer Excentricität des Kreises, bei einer Verbiegung seiner Ebene, bei einer unrichtigen Eintheilung desselben, die gewöhnlich von einer falschen Stellung des Kreises zur Theilmaschine kömmt u. s. w. So lange daher das Instrument mit allen seinen Eigenthümlichkeiten nicht vollkommen bekannt und sein Gebrauch völlig gesichert ist, wird man nie entscheiden können, ob diese periodischen, nach einem gewissen, wenn gleich noch vielleicht unbekannten Gesetze, fortgehenden Fehler der Beobachtungen, bloß von dem Instrumente kommen, oder ob sie in der Natur der Erscheinungen selbst gegründet sind, und so lange man diese beiden Fehler nicht unterscheiden und von einander trennen kann, ist auch ein wahres Fortschreiten unserer Kenntniß der Natur unmöglich.

§. 217. (Beobachtungsfehler der zweiten Art.) Allein es gibt noch eine ganz andere Gattung von Fehlern, die man bei allen unseren Beobachtungen antrifft, und die sich von den bisher betrachteten wesentlich unterscheiden, indem sie keine Periode beobachten und nach keinem bestimmten Gesetze fortgehen, sondern vielmehr ganz dem Zufalle überlassen zu seyn scheinen. Die Fehler, mit welchem unser Auge den Augenblick auffaßt, wo der Stern eben durch den Faden geht, oder die, mit welchem unser Ohr die Pendelschläge der Uhr vernimmt, nach welchen wir die Zeit der Beobachtung bestimmen, selbst der Wechsel der Witterung, der in der Refraktion, und der Wechsel der Temperatur, der in dem Instrumente augenblickliche Veränderungen hervorbringt; ferner der Mangel oder auch eben sowohl die zu große Gespanntheit unserer Aufmerksamkeit im Augenblicke der Beobachtung, und unzählige andere ähnliche Ursachen werden die Resultate dieser Beobachtungen bald etwas größer, bald wieder etwas kleiner geben, als sie der Wahrheit gemäß seyn sollen. Wenn man z. B. die Polhöhe einer Stadt aus mehreren auf einander folgenden Beobachtungen nach der oben (I. §. 44) angezeigten Methode, schon mit gehöriger Rücksicht auf die oben erwähnten Fehler des Instruments

am ersten Tage	48°	12′	35″
zweiten .	48	12	33
dritten .	48	12	34

gefunden hätte: welche von ihnen soll man nun als die wahre oder doch als die der wahren nächste betrachten? — Da die unbekannten Fehler einer jeden einzelnen dieser Beobachtungen, so groß auch die Anzahl der letzten seyn mag, nach keinem merkbaren Gesetze fortgehen und, wenn sie, wie gesagt, nur zufällig entstanden sind, auch nicht fortgehen können, so können sie, wie es scheint, auch keiner weiteren Berechnung, nicht einmal einer bloßen Schätzung unterworfen werden. Wie vortrefflich daher auch unser Instrument seyn mag, und welche Mühe und Einsicht wir auch auf die Behandlung desselben verwendet haben mögen, diese Fehler können nicht weggebracht werden, sie wurzeln gleichsam in unserer eigenen Natur, in der Unvollkommenheit unserer sinnlichen sowohl als unserer geistigen Operationen, und sie werden also auch immer und in ihrer ganzen Stärke auf die Resultate unserer Beobachtungen einwirken und dieselben selbst fehlerhaft machen.

Eine einfache Betrachtung scheint uns übrigens hier einen Ausweg aus diesen Irrgängen zu bahnen. Da die Fehler, von welchen die Rede ist, zufällig sind und die gesuchten Resultate zuweilen vergrößern und

Digitized by Google

im Allgemeinen eben so oft und eben so viel wieder verkleinern, so wird man, mit großer Wahrscheinlichkeit, annehmen können, daß auch hier, wie so oft in andern Fällen, die Wahrheit in der Mitte liege, und daß man daher nur die durch die einzelnen Beobachtungen erhaltenen Resultate addiren und die so erhaltene Summe durch die Anzahl der Beobachtungen dividiren, d. h. also, daß man nur das sogenannte arithmetische Mittel aller Beobachtungen nehmen darf, um das der Wahrheit nächste Resultat zu erhalten. In dem letzten Beispiel beträgt die Summe der drei einzelnen Beobachtungen 144° 37′ 42″, und der dritte Theil derselben oder 48° 12′ 34″ wird daher, nach dem so eben Gesagten, die der Wahrheit nächste Polhöhe seyn.

Es ist für sich klar, daß dieses Verfahren im Allgemeinen desto zulässiger seyn wird, je größer die Anzahl der Beobachtungen ist, vorausgesetzt, daß sie alle unter ähnlichen Verhältnissen angestellt worden sind, und daß keine von ihnen irgend einen Vorzug vor der anderen verdient. Wenn aber dieser Fall, der in der That selten genug eintreten mag, nicht statt hat, wenn z. B. von 30 Beobachtungen die ersten 10 bei viel günstigerem Wetter als alle übrigen, wenn die zweiten 10 von einem geübteren Beobachter und die letzten 10 endlich an einem besseren Instrumente, als die übrigen, angestellt worden wären, kurz wenn die einzelnen Beobachtungen, wie man zu sagen pflegt, ein verschiedenes Gewicht haben? — Dann läßt sich die vorhergehende einfache Regel offenbar nicht mehr anwenden. Wie soll man also dann verfahren?

Noch verwickelter wird die Antwort auf diese Frage werden, wenn man, durch diese Beobachtungen, mehrere Größen zugleich der Wahrheit gemäß oder doch ihr so nahe als möglich finden will. Um auch davon ein Beispiel zu geben, so haben die Astronomen ihre Sonnen- und Planeten-Tafeln, wie wir oben (I. §. 144) gezeigt haben, so eingerichtet, daß man daraus den Ort dieser Gestirne für jeden gegebenen Augenblick leicht finden kann. Zur Berechnung dieser Tafeln haben sie für die sechs Elemente (I. §. 142) eines jeden dieser Planeten gewisse Werthe angenommen, die ihnen damals die wahrscheinlichsten dünkten. Allein diese Werthe werden ohne Zweifel der Wahrheit nicht ganz gemäß seyn, und wenn in dem Laufe eines Jahrhunderts unsere Kenntniß des Sonnensystems, zugleich mit unserer Beobachtungskunst, bedeutende Fortschritte gemacht hat, so werden wir auch wohl im Stande seyn, bessere und genauere Werthe für jene Elemente anzugeben, als die unserer Vorgänger gewesen seyn mögen, denen jene Vortheile noch nicht zu Gebote standen. Wir werden also auch bessere Planetentafeln aufstellen können, wenn wir diese genauere Elemente erhalten haben, mit welchen wir dann jene Tafeln wieder neu berechnen werden. — Allein wie sollen wir zu diesen besseren Elementen kommen? Offenbar durch unsere besseren Beobachtungen selbst und durch Vergleichungen derselben mit jenen Tafeln der Alten.

Nehmen wir also z. B. an, wir hätten an irgend einem Tage die Sonne mit aller uns möglichen Sorgfalt beobachtet und ihre Länge gleich 30° 24′ 50″ gefunden. Sucht man nun aus den alten Tafeln für dieselbe Zeit die Länge der Sonne und findet sie gleich 30° 24′ 10″, so ist dieß ein Beweis, daß die alten Tafeln, für diesen Tag, die Länge der Sonne um volle 40″ zu klein geben. Allein wo liegt nun dieser Fehler der Tafeln? — Er kann in der Epoche, in der Excentricität, in der Lage der großen Axe — kurz, er kann in einem der sechs Elemente, oder in mehreren, oder auch in allen zugleich liegen, und das letztere ist sogar das Wahrscheinlichste, da wir keinen Grund haben, anzunehmen, daß auch

Digitized by Google

nur ein einziges von den Elementen, wie sie unsere Vorgänger angenommen haben, vollkommen richtig ist.

Es wird schon einige Kunst erfordern, zu entscheiden, welchen Einfluß ein jedes dieser sechs Elemente, für sich allein betrachtet, auf die Länge des Planeten haben wird, und wie viel also jedes dieser Elemente geändert werden müßte, wenn man durch diese Aenderung allein jenen Fehler von 40 Secunden wieder gut machen wollte. Da nun aber jedem Elemente sein bestimmter Theil von diesem Fehler zukommen soll, so wird man offenbar eben so viel Beobachtungen, als Elemente sind, also sechs Beobachtungen, zu Hülfe rufen müssen, um aus ihnen insgesammt diejenigen Aenderungen zu bestimmen, die jedes dieser Elemente erfahren muß, um dadurch alle sechs Beobachtungen ganz genau darzustellen.

Dieß wird aber, wie man sieht, gar manche mühsame und zeitraubende Rechnungen geben. Und wenn man sie endlich alle durchgeführt hat, wenn nun alle Elemente so bestimmt worden sind, daß sie diesen sechs Beobachtungen vollkommen entsprechen: werden diese so gefundenen neuen Elemente nun auch schon die wahren seyn? — Sie würden es seyn, wenn jene sechs Beobachtungen selbst ganz wahr und fehlerfrei wären. Allein das sind sie nicht, und das können sie, eben jener Fehler wegen, von denen wir so eben gesprochen haben, nicht seyn. In Beziehung auf die oben erwähnte Natur dieser Fehler werden wir also die Tafeln unserer Vorgänger nicht bloß mit sechs, sondern vielmehr mit so vielen guten Beobachtungen als möglich vergleichen, und daraus erst die wahrscheinlichsten Elemente der Planeten bestimmen müssen. Wir werden also z. B. hundert der besten Beobachtungen sammeln, und jede derselben wird, mit den alten Tafeln verglichen, einen anderen Fehler dieser Tafeln geben. Wir werden dabei noch bemerken, daß nicht alle diese Beobachtungen denselben Werth, oder dasselbe Gewicht haben, und dann wird es an uns seyn, zuzusehen, auf welche Weise wir die Werthe jedes der sechs Elemente zu bestimmen haben, um dadurch alle jene hundert Beobachtungen, jede in Beziehung auf ihr Gewicht, nicht ganz genau, das ist offenbar unmöglich, aber doch genauer darzustellen, als dieß durch was immer für andere Werthe dieser Elemente geschehen könnte. Die Leser werden wahrscheinlich ohne meine Erinnerung bemerken, daß diese Aufgabe nicht eben zu den leichtesten und bequemsten gehört, obschon sie offenbar eine der wichtigsten und nothwendigsten der Astronomie ist, da am Ende doch alle Bemühungen der Astronomen nur den Zweck haben, das Sonnensystem, das heißt, mit andern Worten, eben diese Elemente der Planetenbahnen immer mehr und endlich so genau, als möglich, kennen zu lernen.

§. 218. (Einfache Wahrscheinlichkeit.) Fragen dieser Art, wie die zuletzt aufgestellten, gehören in das Gebiet der sogenannten Wahrscheinlichkeits-Rechnung, und diese spielt nicht nur in der Astronomie, sondern selbst in dem gemeinen gesellschaftlichen Leben eine so wichtige Rolle und ist überdieß dem größten Theile der Leser, wie ich besorge, noch so wenig bekannt, daß es nicht unangemessen erscheinen wird, das Vorzüglichste dieser eben so nützlichen als interessanten Rechnungsart hier, so weit es ohne eigentliche analytische Ausdrücke geschehen kann, kurz zusammengestellt zu finden.

Es wird ohne Zweifel auf den ersten Blick sonderbar erscheinen, daß man Ereignisse bestimmen und sogar durch Rechnung bestimmen will, von denen man doch annimmt, daß sie bloß zufällig sind und daher gleichsam nichts Bestimmtes, also auch nichts Bestimmbares an sich haben.

Um uns darüber zu verständigen, wollen wir vor allem die Sache

Digitized by Google

durch ein Beispiel deutlich zu machen suchen. Ich wähle dazu die bekannten Spielwürfel, deren sechs Seiten nach der Reihe mit 1, 2, 3, 4, 5, 6, Punkten oder Augen bezeichnet sind. Wenn man zwei solcher Würfel auf Gerathewohl auf den Tisch wirft, wie groß wird die Anzahl der auf der obersten Seite der beiden Würfel stehenden Augen seyn?

Um diese Frage zu beantworten, muß man zuerst die Anzahl aller der Fälle, die hier eintreten können, wissen. Deren sind nun 36, wie die folgende kleine Tafel zeigt, wo A den einen und B den anderen Würfel bezeichnet.

A B	A B	A B	A B	A B	A B
1 1	2 1	3 1	4 1	5 1	6 1
1 2	2 2	3 2	4 2	5 2	6 2
1 3	2 3	3 3	4 3	5 3	6 3
1 4	2 4	3 4	4 4	5 4	6 4
1 5	2 5	3 5	4 5	5 5	6 5
1 6	2 6	3 6	4 6	5 6	6 6

Wenn ich nun z. B. mit meinem Gegner wetten wollte, daß ich auf den ersten Wurf mit diesen beiden Würfeln die Zahl 7 treffen wolle: welche Wahrscheinlichkeit hätte ich da für mich?

Offenbar sind hier unter allen 36 möglichen Fällen nur sechs für mich günstig, während die andern 30 für meinen Gegner sprechen. Diese sechs mir günstigen Fälle sind nämlich 1. 6, 2. 5, 3. 4 und die umgekehrten 4. 3, 5. 2, 6. 1. Die Wahrscheinlichkeit also, daß die Zahl 7 geworfen werde, wird sich, wie die Zahl derer diesem Ereignisse günstigen Fällen zu der Zahl aller möglichen Fälle verhalten oder diese Wahrscheinlichkeit wird gleich $^6/_{36}$ seyn. Ganz eben so wird sich aber auch die Wahrscheinlichkeit, daß die Zahl 7 nicht geworfen werde, wie die Zahl der mir ungünstigen Fälle zu der aller möglichen verhalten oder diese Wahrscheinlichkeit des Gegentheils dessen, was ich erwarte, wird gleich $^{30}/_{36}$ seyn. Demnach wird sich auch die W. meines Gewinns zu der W. meines Verlustes, wie jene beiden Brüche, wie $^6/_{36}$ zu $^{30}/_{36}$ d. h. wie $^6/_{30}$ oder endlich wie $^1/_5$ verhalten; oder mit andern Worten, wenn ich mit meinem Gegner jene Wette eingehe, so habe ich nur einen Fall für mich, während der Gegner 5 für sich günstige Fälle hat. Ich würde daher sehr thöricht handeln, wenn ich mit diesem Gegner eine gleiche Wette eingehen und z. B. festsetzen wollte, daß er mir, wenn ich die Zahl 7 werfe, einen Gulden geben soll, während ich ihm einen Gulden geben muß, wenn ich die Zahl 7 nicht werfe. Die Einsätze dieser Wette müssen vielmehr, wenn sie richtig vertheilt und für beide Partheien gleich billig seyn sollen, ebenso wie die W. des Gewinns einer jeden Parthei, also hier wie 1 zu 5 sich verhalten, oder die Wette muß, wenn sie richtig gestellt seyn soll, so ausgedrückt werden, daß er mir, wenn ich 7 werfe, fünf Gulden zu geben habe, während ich ihm, wenn ich nicht 7 werfe, nur einen Gulden gebe.

Wenn nun die Wette in der That so gestellt wird, was wird dann die Folge davon seyn? — Daß nach 10 oder 50 oder 100 solchen wiederholten Würfen, nach deren jedem entweder ich einen oder der Andere

Digitized by Google

fünf Gulden gegeben hat, die Summe der Gewinnste und Verluste bei beiden Partheien sehr nahe einander gleich, und zwar um so gewisser einander gleich seyn werde, je größer die Anzahl der Würfe gewesen ist, während im Gegentheile, wenn ich mehr als einen Gulden für jeden mir ungünstigen Wurf gebe, mein Verlust, und ebenso, wenn mein Gegner mehr als fünf Gulden für jeden ihm ungünstigen Wurf gibt, sein Verlust, immer um so gewisser seyn wird, je mehr die Zahl der Würfe anwächst oder je länger das Spiel fortgesetzt wird.

Auf diese Weise ist also unsere Wahrscheinlichkeits-Rechnung zu verstehen. Nämlich erstens wird die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Ereignisses immer in der Gestalt eines Bruches dargestellt, dessen Zähler die Summe aller günstigen und dessen Nenner die Summe aller möglichen Fälle enthält. Eben so wird also auch die Wahrscheinlichkeit des Nichteintretens dieses Ereignisses die Form eines Bruches haben, dessen Zähler die Summe der ungünstigen und dessen Nenner wieder die Summe aller möglichen Fälle enthält. Jener erste Bruch nähert sich der Einheit desto mehr, je größer die Zahl der günstigen Fälle ist, und wenn endlich, unter allen möglichen Fehlern, gar kein ungünstiger ist, d. h. wenn alle möglichen Fälle zugleich günstige Fälle sind, so wird dieser Bruch zur Einheit und die Wahrscheinlichkeit zur Gewißheit, so daß also die Einheit gleichsam das Symbol der Gewißheit ist. Beide Brüche zusammen geben zu ihrer Summe immer diese Einheit, weil es gewiß ist, daß bei jedem Wurfe entweder ein günstiger oder ein ungünstiger Fall eintreffen muß. Ist der erste Bruch gleich $^1/_2$, so sind die günstigen Fälle gleich zahlreich mit den ungünstigen, dann ist also auch der zweite Bruch gleich $^1/_2$, und beide Summen wieder die Einheit, wie es seyn muß.

Hat man zweitens auf diese Weise die Wahrscheinlichkeit des Gelingens und die des Nichtgelingens, jede durch ihren Bruch ausgedrückt, so gibt das Verhältniß dieser zwei Brüche zugleich die Einsätze, welche beide Partheien einlegen müssen, wenn sie eine billige Wette unter sich anstellen wollen.

Drittens endlich sind diese Wahrscheinlichkeiten, so wie die darauf gegründeten Wetten, immer nur so zu verstehen, daß sie erst dann statt haben, wenn die Anzahl der in Rede stehenden Versuche sehr zahlreich ist, oder daß sie den durch ihre Zahlen ausgedrückten Erfolg desto gewisser herbeiführen werden, je größer die Anzahl dieser angestellten Versuche ist.

Auf diese Weise verstanden wird man sich nun leicht von der Richtigkeit der folgenden Auflösungen überzeugen.

Die Wahrscheinlichkeit, daß man auf einem Wurfe der beiden Würfel wieder die Zahl 7, wie zuvor, aber so werfe, daß der eine, gleichviel welcher, der beiden Würfel die Zahl 2 und der andere 5 gebe, ist $^2/_{36}$, also die W. des Gegentheils $^{34}/_{36}$ und daher das Verhältniß der Einsätze des ersten und zweiten Spielers bei einer Wette wie 2 zu 34 oder wie 1 zu 17, so daß der Eine für jeden ihm günstigen Fall 17 Gulden von dem Andern erhält, während er für jeden ihm ungünstigen Fall nur einen Gulden an den Anderen entrichtet.

Die Wahrscheinlichkeit aber, daß der eine Spieler auf einen Wurf zwei gleiche Zahlen 1, 1 oder 2, 2 u. s. w. werfe, ist noch kleiner, nämlich nur $^1/_{36}$.

Wenn mit drei solchen Würfeln geworfen wird, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß mit ihnen drei unter sich verschiedene Zahlen geworfen werden, gleich $^{120}/_{216}$; daß man zwei gleiche und eine von ihnen ver-

Digitized by Google

schiedene Zahl werfe, gleich $^{90}/_{216}$; daß man drei unter sich gleiche Zahlen werfe, gleich $^{6}/_{216}$; daß sich unter den geworfenen Zahlen wenigstens zwei, vielleicht aber auch drei gleiche befinden, gleich $^{96}/_{216}$, und endlich ist die Wahrscheinlichkeit, daß man mit einem Wurfe dieser drei Würfel drei unmittelbar hinter einander stehende Zahlen wie 1. 2. 3 oder 2. 3. 4 u. s. f. werfe, gleich $^{24}/_{216}$ oder gleich $^{1}/_{9}$. Diejenigen Leser, welche an solchen Spekulationen Vergnügen finden, werden sich von den hier angeführten, so wie den nächstfolgenden Auflösungen leicht selbst Rechenschaft geben.

Hieher gehört auch folgende interessante Frage. — In einer Urne befinde sich eine gegebene Anzahl von unter sich vollkommen gleichen, kleinen Kugeln. Wenn man nun die Hand in die Urne senkt und davon irgend eine Anzahl dieser Kugeln auf Gerathewohl herauszieht, welche Wahrscheinlichkeit hat man dafür, daß die Anzahl der herausgezogenen Kugeln gerade, wie z. B. 2, 4, 6... oder daß sie ungerade, wie 1, 3, 5 seyn wird?

Nehmen wir, um auch diese Aufgabe sofort durch ein specielles Beispiel zu erläutern, an, daß vier solche Kugeln in der Urne sind, die wir, um sie einzeln anzugeben, durch a, b, c, d bezeichnen wollen. Dieß vorausgesetzt, wird man acht ungerade Zusammenstellungen haben, nämlich erstens die vier einzelnen a, b, c, d selbst und dann noch die vier folgenden abc, abd, acd und bcd. Von den geraden Paarungen aber findet man nur sieben, nämlich ab, ac, ad, bc, bd, cd und endlich abcd. Es gibt daher überhaupt 15 mögliche, gerade und ungerade Verbindungen, und von diesen sind 8 ungerade und 7 gerade. Daraus folgt daher nach der oben angeführten Vorschrift, daß die W. einer ungeraden Verbindung gleich $^{8}/_{15}$ und die einer geraden gleich $^{7}/_{15}$ ist. Wenn ich daher mit meinem Gegner eine Wette eingehen will, daß ich auf jedem Griffe eine gerade Anzahl von Kugeln aus der Urne ziehen werde, so werde ich, wenn wir beide gleichviel einsetzen, desto gewisser in Nachtheil kommen, je mehr Züge aus der Urne ich mache. Soll aber diese Wette so angestellt werden, daß, je länger ich ziehe, desto mehr auch Gewinn und Verlust zu beiden Seiten derselbe bleibe, so muß ich bei jeder ungeraden Anzahl an den Gegner sieben Gulden entrichten, während er mir, so oft ich eine gerade Anzahl ziehe, acht Gulden zu geben hat. Eben so findet man für fünf Kugeln die Wahrscheinlichkeit, daß man eine gerade Anzahl derselben zieht, gleich $^{15}/_{31}$ und die W. einer ungeraden Anzahl gleich $^{16}/_{31}$; für zehn Kugeln hat man für die W. einer geraden Anzahl $^{511}/_{1023}$ u. s. w. Man sieht daraus, daß die ungerade Anzahl immer wahrscheinlicher ist, als die gerade, daß aber auch die beiden Wahrscheinlichkeiten einander immer näher, nämlich gleich $^{1}/_{2}$ kommen, je größer die in der Urne enthaltene Anzahl der Kugeln ist; für drei Kugeln sind diese Wahrscheinlichkeiten $^{3}/_{7}$ und $^{4}/_{7}$, und für zwei Kugeln sind sie $^{1}/_{3}$ und $^{2}/_{3}$.

Man wird bemerken, daß bei allen diesen Untersuchungen die Anzahl aller möglichen Fälle als bekannt vorausgesetzt wird, weil sich ohne diese Kenntniß die Wahrscheinlichkeit irgend eines Erfolges gar nicht bestimmen lassen würde. Dasselbe gilt auch von den zunächst folgenden Problemen bis §. 222, wo sodann Untersuchungen ganz anderer Art eintreten werden.

§. 219. (Zusammengesetzte Wahrscheinlichkeit.) Aber nicht immer sind diese Untersuchungen so einfach, wie in den vorhergehenden Fällen. Wenn man z. B. die Wahrscheinlichkeit sucht, daß irgend ein Ereigniß, dessen einfache, nach §. 58 bestimmte Wahrscheinlichkeit gleich w ist, zwei, drei,

Digitized by Google

viermal nach einander statt habe, so ist die gesuchte W., wie sich durch Rechnung zeigen läßt, gleich der zweiten, dritten, vierten Potenz von $\frac{1}{6}$, w. So ist z. B. die W., mit einem einzigen Würfel die Zahl 1 zu werfen, nach der vorhergehenden Tafel gleich $\frac{1}{6}$. Also ist auch die W. mit einem Würfel zweimal nacheinander die Zahl 1 zu werfen, gleich $\frac{1}{36}$; dreimal gleich $\frac{1}{216}$ u. s. w. Ebenso war die W., mit zwei Würfeln auf einen Wurf die Zahlen 1 und 1 zu werfen, gleich $\frac{1}{36}$, also ist auch die W., diese beiden Zahlen zweimal nach einander zu werfen, gleich $\frac{1}{1296}$ u. s. w.

Wenn ferner von zwei Urnen die erste 3 weiße und 1 schwarze, die zweite aber 4 weiße und 2 schwarze Kugeln enthält, so ist die W., daß man durch einen zufälligen Griff in eine der beiden Urnen eine weiße Kugel ergreifen wird, gleich $\frac{17}{24}$. In diesen und ähnlichen Fällen muß man nämlich die beiden nach §. 218 gefundenen einfachen Wahrscheinlichkeiten mit einander multipliciren, um die gesuchte zusammengesetzte W. zu erhalten. Es ist nämlich die W., in die erste Urne zu greifen, gleich $\frac{1}{2}$, und dann aus ihr eine weiße Kugel zu ziehen, gleich $\frac{3}{4}$, also ist auch die W., daß sich beides ereignen werde, gleich $\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}$ oder gleich $\frac{3}{8}$. Ganz eben so findet man für die W., daß man in die zweite Urne greifen und aus ihr eine weiße Kugel ziehen werde, gleich $\frac{1}{2} \times \frac{4}{6}$ oder gleich $\frac{1}{3}$. Da nun diese beiden Ereignisse für den Zug einer weißen Kugel günstig sind, so ist die oben gesuchte W. gleich der Summe von $\frac{3}{8}$ und $\frac{1}{3}$ oder gleich $\frac{17}{24}$, wie zuvor.

Ebenso ist die Wahrscheinlichkeit, daß man mit einem Würfel in 4 Würfen die Zahl 6 wenigstens einmal werfe, gleich $\frac{671}{1296}$, also schon etwas größer als $\frac{1}{2}$, daher es auch wahrscheinlicher ist, daß diese Zahl 6 in 4 Würfen einmal, als daß sie gar nicht vorkommen werde. Die W. aber, daß man mit einem Würfel in 4 Würfen diese Zahl 6 wenigstens zweimal werfe, ist nur gleich $\frac{1}{7}$, also viel geringer, als $\frac{1}{2}$.

Die W., mit zwei Würfeln auf den ersten Wurf 9, oder wenn dieß nicht geschieht, wenigstens auf den zweiten Wurf 9 zu treffen, ist nahe gleich $\frac{1}{3}$. Ebenso ist die W., mit zwei Würfeln auf den ersten, oder doch auf den zweiten oder wenigstens auf den dritten Wurf die Zahl 7 zu treffen, nahe gleich $\frac{2}{3}$ u. s. w.

Ohne diese Aufgaben noch mit andern zu vermehren, oder auch die bereits erwähnten umständlich zu beweisen, was uns hier zu weit führen würde, wollen wir uns begnügen, auf zwei interessante Anwendungen dieser Fragen aufmerksam zu machen, deren Nichtbeachtung bereits Viele in großen Schaden gebracht hat, und die noch jetzt oft genug ihre nachtheiligen Wirkungen auf die bürgerliche Gesellschaft ausübt.

§. 220. (Anwendung dieser Berechnung auf öffentliche Versorgungsanstalten.) Wenn, wie schon das Sprichwort sagt, nichts ungewisser ist, als der Tod eines Menschen, so verhält sich dieß doch ganz anders, wenn von dem Tode einer großen Anzahl zusammen lebender Menschen die Rede ist. Unsere zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Ländern darüber angestellten Erfahrungen haben uns gelehrt, daß das Aussterben großer Gesellschaften, z. B. der ganzen Bevölkerung einer Provinz oder eines Landes, so lange nicht außerordentliche Fälle, verheerende Kriege oder Krankheiten eintreten, äußerst regelmäßig vor sich gehe, und daß z. B. von einer Million in demselben Jahre geborner Menschen nach 18 Jahren nur die Hälfte, nach 46 Jahren der dritte, nach 55 Jahren nur mehr der vierte Theil derselben lebe, und daß die Natur von dieser Regel nur sehr selten, und auch dann noch nur sehr geringe Ausnahmen mache. Diesem gemäß hat man die so gesammelten Erfah-

Digitized by Google

rungen in Tafeln gebracht, die man Mortalitätslisten zu nennen pflegt. Die folgende ist ein Auszug einer unserer besten, und sie zeigt an, wie viel von 1000 zusammen Gebornen nach 10, 20, 30 ... Jahren noch leben.

Alter.	Lebende.	Alter.	Lebende.
0	1000	45	339
5	579	50	300
10	532	55	255
15	511	60	210
20	491	65	162
25	466	70	112
30	439	75	69
35	409	80	37
40	374	85	17

Diese Mortalitätstafel zeigt also, daß z. B. von 1000 in demselben Jahre gebornen Menschen im zwanzigsten Jahre noch 491, im fünfzigsten Jahre aber nur mehr 300 Lebende übrig sind. Sie zeigt uns ferner, daß die eigentliche Lebenskraft der Menschen in den ersten Jahren sehr gering, daß sie zwischen dem 10ten und 20sten Lebensjahre am größten ist, und daß sie von da wieder abnimmt, bis sie im 80sten Jahre wieder so schwach wird, wie im Anfange.

Nennt man n die Zahl der ersten und (n) die entsprechende Zahl der zweiten Kolumne der vorhergehenden Tafel, wo also z. B. (n) = 300 für n = 50 ist, so sieht man aus dem bloßen Anblicke der Tafel, daß von 374 jetzt zusammenlebenden 40jährigen Menschen nach 10 Jahren, wo also jeder von ihnen 50 Jahre alt ist, nur mehr 300 leben. Also werden auch z. B. von 1000 zusammenlebenden 40jährigen Menschen nach 10 Jahren noch x oder 1000mal 300 dividirt durch 374 leben, da man hat

$$374 : 300 = 1000 : x$$

und überhaupt werden daher auch von N jetzt zusammen lebenden n jährigen Menschen nach t Jahren noch $\frac{(n+t)}{(n)}$ Menschen leben.

Da nun, nach §. 218, die einfache Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines Ereignisses gleich einem Bruche ist, dessen Zähler die Anzahl der günstigen und dessen Nenner die Anzahl aller möglichen Fälle überhaupt ist, so ist auch die Wahrscheinlichkeit, daß eine von jenen N Personen, deren jede n Jahre alt ist, (n + t) Jahre erreiche, gleich der vorhergehenden Größe $N\frac{(n+t)}{(n)}$ dividirt durch N, das heißt diese Wahrscheinlichkeit ist gleich der Zahl $\frac{(n+t)}{(n)}$.

Auf diese Weise findet man also aus unserer Tafel, die Wahrscheinlichkeit w, daß ein bereits 40jähriger Mensch noch zehn Jahre lebe, gleich $\frac{(50)}{(40)}$ oder $\frac{300}{374}$ oder nahe 0.8 ist. Eben so findet man für die

Digitized by Google

Wahrscheinlichkeit w', daß ein 50jähriger Mensch noch zehn Jahre lebe, den Ausdruck $\frac{(50)}{(60)}$ oder $\frac{210}{300}$ oder nahe 0.7, und ebenso endlich ist diese Wahrscheinlichkeit w'' für einen jetzt 60jährigen Menschen gleich 0.5 u. s. w. Man sieht, wie diese Wahrscheinlichkeit mit dem zunehmenden Alter immer abnimmt.

So wie uns aber die Vorschrift des §. 218 diese einfache Wahrscheinlichkeit der Fortdauer eines Menschen für irgend eine bestimmte Anzahl von Jahren gegeben hat, eben so wird uns auch die Regel des §. 219 die zusammengesetzte Wahrscheinlichkeit der Fortdauer der Verbindung von zwei oder mehreren Personen für eine bestimmte Anzahl Jahre geben. Zu diesem Zwecke werden wir nämlich, wie dort gesagt worden ist, nur die zuvor bereits gefundenen einfachen Wahrscheinlichkeiten multipliciren, um sofort die gesuchte zusammengesetzte W. zu erhalten. Wenn also die Wahrscheinlichkeit, daß ein jetzt n jähriger Mensch noch t Jahre lebe, nach dem Vorhergehenden gleich $\frac{(n+t)}{(n)}$ ist, und daß also auch die W., für einen n' jährigen Menschen, noch t Jahre zu leben, gleich $\frac{(n'+t)}{(n')}$ ist, so folgt daraus unmittelbar, daß die W., daß diese beide Personen nach t Jahren noch beisammen leben, gleich dem Produkte von $\frac{(n+t)}{(n)}$ in $\frac{(n'+t)}{(n')}$ seyn wird, und sofort für drei und mehrere Personen.

Man sieht, wie von diesen Rechnungen die wahrscheinliche Dauer der Ehe zweier Personen verschiedenen Alters oder auch das wahrscheinliche Beisammenleben der Aeltern mit ihren Kindern zusammenhängt, und daß diese Wahrscheinlichkeiten es sind, auf welchen die richtige Berechnung unserer sogenannten Wittwen- und Waisen-Pensionen beruht. So findet man z. B. für zwei Personen, davon die eine 40 und die andere 50 Jahr alt ist, die Wahrscheinlichkeit, daß sie beide noch 10 Jahre beisammen leben werden, gleich 0.8mal 0.7 oder gleich 0.56. Für 40 und 60jährige Personen ist diese W. gleich 0.8mal 0.5, oder gleich 0.4 und für zwei 50 und 60jährige endlich 0.7mal 0.5 oder gleich 0.35. Sucht man aber die W., daß drei Personen, davon die eine jetzt 40, die andere 50 und die dritte 60 Jahre alt ist, noch 10 Jahre mit einander leben, so ist diese W. gleich dem Produkte jener drei einfachen Wahrscheinlichkeiten 0.8, 0.7 und 0.5 oder gleich 0.28 also viel kleiner, als alle jene vorhergehenden einzelnen Wahrscheinlichkeiten, wie dieß auch in der Natur der Sache so seyn muß.

§. 221. (Anwendung dieser Berechnung auf unsere Glücksspiele.) Wenn man drei Größen a, b und c zu je zweien unter sich verbindet, so nennt man diese Verbindungen bekanntlich Amben. So hat man hier die drei Amben ab, ac und bc. Zwischen vier Größen, a, b, c und d aber findet man sechs Amben, nämlich die drei ebengenannten und dann noch die drei folgenden drei bd, ad und cd. Ebenso wird man finden, daß 5 Größen 10 Amben, 6 Größen 15 Amben geben u. s. w. Betrachtet man diese Zahlen etwas genauer, so überzeugt man sich bald, daß man überhaupt für n Größen die Zahl der Amben findet, wenn man n mit n — 1 multiplicirt und das Produkt durch 2 dividirt.

Ebenso erhält man die Ternen oder die Verbindungen dieser n Größen nach je dreien derselben, wenn man die vorhergehende Anzahl

Digitized by Google

der Ambe mit n — 2 multiplicirt und durch 3 dividirt, so daß also 4 Größen 4, 5 Größen 10, 6 Größen 35 Ternen geben u. s. w.

Auf dieselbe Weise erhält man von n Größen alle möglichen Quaternen, wenn man die so eben gefundene Zahl der Ternen mit n — 3 multiplicirt und durch 4 dividirt, und eben so endlich auch die Zahl der Quinternen, wenn man die Zahl der Quaternen mit n — 4 multiplicirt und durch 5 dividirt u. s. w.

Unsere gewöhnlichen Lotterien enthalten bekanntlich 90 Nummern, nämlich die natürlichen Zahlen 1, 2, 3 bis 90. Diese 90 Größen geben daher, nach dem Vorhergehenden, die Hälfte von 90mal 89 oder 4005 Ambe, den dritten Theil von 4005mal 88 oder 117480 Ternen, den vierten Theil von 117480mal 87 oder 2555190 Quaternen, und den fünften Theil von 2545190mal 86 oder 43949268 Quinternen.

Allein von diesen 90 Numern werden bekanntlich in jeder Ziehung nur 5 gezogen oder unter diesen 90 Zahlen gibt es nur 5 Treffer. Diese 5 Treffer geben also, wenn man darauf wieder die vorhergehende Regel anwendet:

die Hälfte von 5mal 4 oder 10 Ambe,
den dritten Theil von 10mal 3 oder 10 Ternen,
den vierten Theil von 10mal 2 oder 5 Quaternen und
den fünften Theil von 5mal 1 oder 1 Quinterne.

Da wir sonach die Zahl aller möglichen und auch die Zahl aller günstigen Fälle kennen, so werden wir auch leicht die Wahrscheinlichkeit, daß einer von diesen günstigen Fällen eintrete, bestimmen können. Diese Wahrscheinlichkeit wird also (nach §. 218) gleich einem Bruche seyn, dessen Zähler die Zahl der günstigen und dessen Nenner die Zahl aller möglichen Fälle ist. Man erhält sonach, wenn man in eine solche Lotterie 2, 3, 4 oder 5 Zahlen setzt, für die Wahrscheinlichkeit, daß man damit wenigstens errathen wird

eine Ambe . . . $^{10}/_{4005}$ oder $^{2}/_{801}$
eine Terne . . . $^{10}/_{117480}$ oder $^{1}/_{11748}$
eine Quaterne . $^{5}/_{2555190}$ oder $^{1}/_{511038}$ und,
eine Quinterne . $^{1}/_{43949268}$

Wendet man auf die so gefundenen Wahrscheinlichkeiten dasjenige an, was wir oben (§. 218) von den billigen Wetten gesagt haben, so folgt daraus, daß dem Spieler, wenn er eine Ambe gewinnt, sein Einsatz $^{801}/_{2}$ oder nahe 400mal erstattet werden sollte; allein er erhält nur den 270fachen Einsatz. Eben so sollte ihm, wenn er eine Terne erräth, sein Einsatz 11747fach gegeben werden, er erhält ihn aber nur 5500fach, und bei einer Quaterne sollte er den Einsatz 51103Smal erhalten, während er ihn nur 75000mal erhält u. s. w. Man sieht daraus die sehr großen Nachtheile, welchen die Spieler in solchen Banken ausgesetzt sind, und wie thöricht es ist, einen größern Theil seines Vermögens daran zu setzen, in der Hoffnung, dasselbe durch dieses Spiel zu vermehren.

Dasselbe Glücksspiel bietet noch eine Menge anderer interessanter Fragen dar, von welchen wir hier der Kürze wegen nur die vornehmsten mit ihren Antworten zusammenstellen.

Wenn man nur eine einzige Numer gesetzt hat, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß sie herauskommen, oder daß diese Numer auch ein Treffer sey, gleich $^{1}/_{18}$.

Hat man zwei Numern gesetzt, so ist die W., daß sie auch beide herauskommen, oder daß man mit ihnen eine Ambe gewinne, nahe gleich $^{1}/_{400}$, wie zuvor.

Digitized by Google

Die W., daß von zwei gesetzten Numern beide und zwar in einer bestimmten Ordnung herauskommen, ist gleich $^1/_{100}$, und die W., daß von drei gesetzten Numern alle drei in einer bestimmten Ordnung herauskommen, ist $^1/_{70488}$.

Wenn man bloß zwei Numern gesetzt hat, so ist die W., daß von ihnen gewiß eine herauskomme, nahe gleich $^1/_{10}$. Eben so ist die W., daß von drei gesetzten Numern wenigstens eine herauskomme, gleich $^9/_{20}$; die W. aber, daß zwei von ihnen herauskommen, ist nur $^1/_{100}$ und endlich die W., daß alle drei Treffer sind, ist gleich $^1/_{1147}$, wie zuvor.

§. 222. (Wahrscheinlichkeit, wenn die Anzahl der möglichen Fälle unbekannt ist.) Allein alle die bisher angeführten Wahrscheinlichkeiten setzen, wie man sieht, voraus, daß die Anzahl der überhaupt möglichen Fälle bekannt ist. Es gibt aber in der Natur eine Menge von Ereignissen ganz anderer Art, bei denen diese Anzahl der möglichen Fälle völlig unbekannt ist, und diese sind es vorzüglich, welche den Astronomen, den Physiker und überhaupt alle Diejenigen interessiren, denen es darum zu thun ist, die Gesetze, nach welchen die Natur verfährt, durch eigentliche Beobachtungen, durch wiederholte Experimente näher kennen zu lernen. Wenn man nämlich den Werth einer oder auch mehrerer Größen, die man schon aus früheren Beobachtungen, wenigstens beinahe, kennen gelernt hat, nun genauer bestimmen will, so bleibt uns nichts übrig, als diese Beobachtungen mit aller uns möglichen Umsicht anzustellen und sie, so viel es von uns abhängt, zu vervielfältigen. Auf diese Weise wird man z. B. für die Polhöhe seines Ortes, oder für die Schiefe der Ekliptik oder für beide zugleich eine sehr große Anzahl von Bestimmungen erhalten, die unter sich sämmtlich, wenn auch nur wenig, verschieden und überdieß auch noch vielleicht von sehr ungleichem Werthe (Gewichte) seyn werden, und es wird sich nun darum handeln, aus allen diesen Bestimmungen diejenige herauszufinden, die der gesuchten Wahrheit zunächst liegt. Man bemerkt ohne meine Erinnerung, daß diese Untersuchungen von einer ganz anderen Art sind, als alle vorhergehenden, und daß sie zugleich für die endliche Ausbildung aller sogenannten Naturwissenschaften von der größten Wichtigkeit seyn müssen, da sie es eigentlich sind, die uns von den unvermeidlichen Fehlern unserer Sinne, denen wir bei allen unseren Beobachtungen und Experimenten ausgesetzt sind, unabhängig machen und gleichsam den Menschen von der beschränkten Lage, in welche ihn die Natur versetzt hat, befreien und ihn über sich selbst erheben, ihn zu einem Wesen höherer Art machen sollen. Auch ist jene Gattung der Wahrscheinlichkeitsrechnung, wo die Anzahl der überhaupt möglichen Fälle gegeben ist, als die leichtere und einfachere schon seit längerer Zeit von Pascal, Moivre, Huyghens, Leibnitz, Bernoulli u. A. ausgebildet worden, während die gegenwärtige erst unseren Tagen angehört, indem wir das Vorzüglichste, was uns bisher davon bekannt geworden ist, unseren großen Zeitgenossen Laplace und Gauß verdanken.

Es würde dem vorgesetzten Zwecke dieser Schrift nicht angemessen seyn, die von den beiden letztgenanten Männern zu dieser Absicht gegebenen Methoden hier umständlich mitzutheilen, da dieß ohne den Gebrauch vieler analytischer Formeln nicht ausführbar wäre. Wir müssen uns daher bloß darauf beschränken, die Wichtigkeit, den Nutzen und die Anwendbarkeit dieser neuen, höchst interessanten Rechnung, wenigstens in ihren allgemeinsten Zügen darzustellen und unsere Leser auf den großen Einfluß aufmerksam zu machen, welchen die hier in Rede stehenden Methoden, wenn sie dermaleinst weiter ausgebildet und gehörig

Digitized by Google

angewendet seyn werden, auf die Tiefe sowohl, als auch auf die Verbreitung der gesammten menschlichen Erkenntniß äußern werden.

§. 223. (Der Begriff des Zufalls ist in unserer Unkenntniß der Dinge gegründet.) In der That, beinahe alle die wichtigsten Fragen, die unsere geselligen Verhältnisse, die unser bürgerliches und wissenschaftliches Leben, die uns, unsere Besorgnisse und unsere Hoffnungen, selbst für die fernste Zukunft betreffen, sie lassen sich alle auf dieses große Problem der Wahrscheinlichkeit zurückführen. Was sind unsere menschlichen Erkenntnisse anders, als bloße Wahrscheinlichkeiten? — Selbst in den mathematischen Wissenschaften, wo wir uns so gern der erkannten reinen Wahrheit rühmen möchten, sind doch die vorzüglichsten Mittel, uns ihr zu nähern, Analogie und Induktion, die sich beide wieder auf Wahrscheinlichkeit gründen. — Vor allem aber stellen sich uns die Erscheinungen der Natur, die gesammten Phänomene der physischen sowohl, als auch selbst der geistigen Welt, nur unter dem Bilde von Wahrscheinlichkeiten dar, von welchen wir die Sache selbst, die Wahrheit, welche ihnen zu Grunde liegt, nur selten oder bloß zufällig erfassen können.

Auch schreiben wir bei weitem die meisten dieser Erscheinungen, da wir ihre Ursache und ihren Zusammenhang nicht kennen, dem Zufalle zu, obschon sie, selbst die geringfügigsten unter ihnen, ohne Zweifel eben so nothwendige Folgen derselben ewigen Gesetze der Natur sind, als es die Bewegungen der Sonne und aller Körper des Himmels nur immer seyn können. Auf diese Weise ist aber, was wir Zufall nennen, nur der Ausdruck unserer Unkenntniß der Dinge. Vor der höchsten Erkenntniß der Welt muß alles als Zusammenhang, und nichts als Zufall erscheinen und auch für uns selbst werden diese sogenannten zufälligen Erscheinungen, mit der Erweiterung unserer Kenntniß der Dinge, immer mehr verschwinden, und die nächste Folge davon wird seyn, daß sich auch das Heer von Vorurtheilen vermindern wird, die so lange schon die Plage des armen Menschengeschlechtes sind, und gegen die es, wie gegen den Moder der Verwesung, kein besseres Mittel gibt, als das helle Licht der Sonne, als das Licht der Aufklärung und der Erkenntniß.

Noch ist es nicht so lange her, daß jede Finsterniß, jedes Nordlicht, jeder Komet, daß überhaupt jede ungewöhnliche Erscheinung der Natur die Menschen in Furcht und Schrecken setzte, weil sie in ihren Augen als eben so viele Zeichen des göttlichen Zorns galten. Sie flehten zitternd zu dem Himmel, um dadurch die verhängte Strafe von sich abzuwenden. — Warum bitten sie aber nicht auch denselben Himmel, den Lauf der Sonne und der Planeten zu ändern? — Weil sie die Ursache dieser Bewegungen kannten oder doch zu kennen glaubten, und weil sie diese Planeten immer vor sich hatten.

Von jenen Erscheinungen aber, die nur selten wiederkamen und von deren Auftreten sie sich keine Rechenschaft geben konnten, nahm jeder an, was ihm gut dünkte oder was seine erschreckte Einbildungskraft ihm eben einzeben wollte. So haben wir gesehen, daß der große Komet des Jahres 1456 Entsetzen über ganz Europa verbreitete, das ohnehin schon durch eine verheerende Pest und durch die Verwüstungen, welche die Türken um sich verbreiteten, geängstiget wurde. Wie ganz anders wurde die Erscheinung desselben Kometen zwei Jahrhunderte später aufgenommen, als Newton das Gesetz des Weltsystems gefunden und uns gelehrt hatte, daß die Kometen, gleich allen andern Körpern unseres Sonnensystems, diesem Gesetze gehorchen, und daß sich die Bahnen, welche sie am Himmel beschreiben, bestimmen und ihre Wiederkunft voraus

Digitized by Google

berechnen lassen. Früher war der Komet der Gegenstand einer grundlosen Furcht, der Bote drohenden Unglücks, und jetzt ist er ein Gegenstand aufmerksamer Beobachtung und Berechnung geworden.

Dieselbe Regelmäßigkeit aber, die wir in der Bewegung der Kometen kennen gelernt haben, wird ohne Zweifel auch bei allen übrigen Erscheinungen der Natur uns sichtbar werden, wenn wir auch von ihnen die Gesetze, nach welchen sie fortgehen, einmal kennen werden. Die krummen Linien, welche der Staub oder die, welche die Elemente der Luft um uns her beschreiben, sind gewiß eben so bestimmten und unveränderlichen Gesetzen unterworfen, als die großen Bahnen, welche von jenen Himmelskörpern in dem Weltraume beschrieben werden, und der Unterschied, der zwischen beiden für uns noch statt hat, liegt nicht in ihnen, sondern einzig nur in uns selbst, in unserer Beschränktheit, in unserer Unkenntniß dieser Gegenstände. Denn ohne Zweifel ist der gegenwärtige Zustand des Universums in allen seinen, auch den geringfügigsten Theilen, nur die Folge eines vorhergegangenen, so wie zugleich die Ursache eines künftigen Zustandes desselben. Ein Geist, der alle Kräfte kennt, von welchen die Natur belebt ist, und der den gegenwärtigen Zustand aller Wesen in ihren Wechselwirkungen übersieht, würde mit Einem Blicke, vielleicht mit einem einzigen Ausdrucke seiner höheren Analyse, alle vergangenen und künftigen Phänomene der Natur zu umfassen im Stande seyn. Er würde ohne Zweifel die vergangenen und künftigen Bewegungen der Wassertropfen im Weltmeere und der Sonnenstäubchen in der Atmosphäre eben so, wie die der Planeten und Kometen im Himmelsraume übersehen, und für ihn würde kein Zufall, sondern alles nothwendige Folge, für ihn würde keine Wahrscheinlichkeit, sondern alles nur Wahrheit seyn und die Vergangenheit, wie die Zukunft, würde klar und offen vor seinen Augen liegen.

§. 224. (Hinneigung aller Erscheinungen der Natur zu einer gewissen Ordnung.) Mitten unter den höchst veränderlichen und uns meistens zufällig erscheinenden Phänomenen der Natur bemerken wir, daß die Unregelmäßigkeit derselben in dem Maaße abnimmt, je öfter sie vorkommen, und daher dort, wo anfangs der Zufall allein zu walten schien, alle Art von fester Ordnung immer mehr sichtbar zu werden scheint, die wir dann, vielleicht mit demselben Unrechte, einer gewissen, uns übrigens noch verborgenen Absicht zuzuschreiben geneigt sind. Um dieß sogleich durch ein Beispiel deutlich zu machen, wollen wir annehmen, daß eine Urne eine uns ganz unbekannte Anzahl von weißen und schwarzen Kugeln enthalte. Wenn man bei jedem Zuge eine Kugel herausnimmt, ihre Farbe bemerkt und sie dann wieder in die Urne zurücklegt, um eine neue Ziehung vorzunehmen, so wird man, je länger man diese Ziehungen fortsetzt, desto deutlicher ein bestimmtes und konstantes Verhältniß der beiden Farben bemerken, und dieß Verhältniß der gezogenen weißen und schwarzen Kugeln wird dem Verhältniß der überhaupt in der Urne enthaltenen weißen und schwarzen Kugeln immer näher kommen, je größer die Anzahl der Ziehungen ist.

Denken wir uns, in einem zweiten Beispiele, eine Reihe kreisförmig um uns aufgestellter Urnen, deren jede eine große, übrigens willkührliche Zahl weißer und schwarzer Kugeln enthält. Zieht man dann eine Kugel aus der ersten Urne und wirft sie in die zweite, schüttelt darnach die Kugeln der zweiten Urne und zieht aus ihr eine Kugel und wirft sie in die dritte Urne u. s. f., bis man die aus der letzten Urne gezogene Kugel wieder in die erste wirft, und setzt man dieses Verfahren mit der ganzen Reihe von Urnen recht oft fort, so wird das Ver-

Digitized by Google

hältniß der weißen und schwarzen Kugeln in jeder einzelnen Urne sich dem konstanten Verhältnisse der weißen und schwarzen Kugeln in allen Urnen zusammengenommen, immer mehr nähern, je länger jene Versuche fortgesetzt werden.

Dieselbe Erscheinung, daß sich alle, selbst die zufälligsten Dinge, sehr oft wiederholen, zu einer bestimmten Regelmäßigkeit hinneigen, und zwar desto mehr hinneigen, je öfter sie wiederholt werden — diese sonderbare Erscheinung dringt sich uns gleichsam als ein allgemeines Gesetz bei allen Ereignissen der physischen und selbst der moralischen Welt auf. Es scheint, daß gewisse konstante Kräfte der Natur regelmäßige Wirkungen hervorbringen, und daß sie eben dadurch andere veränderliche Einflüsse mit der Zeit überwiegen und so gleichsam aus dem Schooße der Unordnung eine gewisse Ordnung, und aus der Verwirrung selbst eine Art von Zusammenhang und Harmonie erzeugen. Wenn wir bei unseren Versuchen einmal dahin gelangt sind, diese Harmonie aufzufassen und das Gesetz dieses Zusammenhangs zu erblicken, so sind wir dann auch in den Stand gesetzt, die künftige Gestaltung dieser Ereignisse mit einer Sicherheit vorauszusagen, von der wir uns selbst nicht immer strenge Rechenschaft geben können und die den, mit weniger scharfen Sinnen oder mit einer schwächeren Auffassungsgabe betheilten Zuschauer ganz unerklärbar, ja wohl selbst ein Wunder erscheint. Wer von uns kann es sagen, wie viele von den außerordentlichen Erscheinungen, deren unsere Weltgeschichte und oft schon die Geschichte manches einzelnen Menschen so voll ist, auf diese und nur auf diese Weise erklärt werden können? Muß man nicht auch die für unsere geselligen Verhältnisse so wichtigen Geburts- und Sterbe-Tafeln, von welchen wir oben gesprochen haben, aus derselben Quelle ableiten? Wie sollte man sich sonst erklären können, warum die Anzahl der Geburten und der Sterbefälle eines Landes, ungeachtet der Veränderungen einzelner Jahre, wenn man sie aus einer großen Anzahl von Jahren ableitet, immer sehr nahe dieselben Resultate geben? Dasselbe hat mit den Erzeugnissen des Bodens, ja selbst mit den einzelnen Fruchtarten statt, und es würde nicht schwer seyn, aus der moralischen Welt ebenfalls Beispiele für den Beleg dieses Satzes anzuführen.

§. 225. (Trieb zur Vereinigung gleichgestimmter Wesen) Dahin scheint auch jene wunderbare Sympathie oder der Trieb zur Vereinigung ähnlicher Wesen in der materiellen sowohl, als auch in der geistigen Welt zu gehören. Zwei Pendel oder zwei Uhren, deren Gang anfangs verschieden ist, erhalten endlich, wenn sie auf derselben Unterlage angebracht sind, einen ganz gleichen Gang. Auf diese Bemerkungen gründen sich Breguet's sogenannte sympathetische Uhren, die beide in Einem Gehäuse eingeschlossen, endlich ganz denselben, selbst fehlerhaften Gang annehmen. Gespannte Saiten geben, wenn auch nur eine derselben berührt wird, die gleichen oder doch die verwandten Töne. Auf dieselbe Art sehen wir auch die Thiere verschiedener Gattung, aber von ähnlicher Organisation, nach Vereinigung streben und mehrere derselben sich in Gruppen und Heerden bilden. Selbst über viele Geschlechter der Pflanzen scheint sich eine Art von Familienband zu schlingen und sie zu einem gemeinschaftlichen Ganzen zu vereinigen. Ohne Zweifel haben die Zusammentretungen des Menschen zu größeren Gesellschaften und zu ganzen Staaten denselben Ursprung. Und wie in der Ehe, wie in der Liebe der Aeltern zu ihren Kindern und dieser zu jenen, sehen wir auch in diesen größeren Gesellschaften, daß der stärkere Geist dasselbe Vergnügen in der Leitung und Beschützung des schwächeren findet, welches dieser in der Hingebung und

Digitized by Google

in dem Gehorsam gegen jene genießt. Verwandte Gefühle und Empfindungen, in einem Kreise mehrerer Menschen erregt, verstärken sich durch gegenseitige Mittheilungen, wie wir täglich in unseren Schauspielen und noch mehr in denjenigen Gegenden sehen können, wo diese Mittheilung durch keine äußere Hemmung beschränkt ist. So mächtig werden dadurch oft jene Empfindungen gesteigert, daß sie zur Begeisterung, selbst zum Fanatismus führen, daß sie das Gemüth eines ganzen Volkes bis zu einer Art von Wuth erhitzen, daß sie sich mit einer unwiderstehlichen Kraft verbreiten und unglaubliche, an das Wunderbare gränzende Wirkungen hervorbringen, wie unsere Geschichtsbücher auf mehr als einer Seite bezeugen. Es ist möglich, daß die oft eben so schwer zu besiegende Sympathie, welche die Muskeln unseres Gesichtes verzieht, wenn wir einen anderen lachen oder gähnen sehen, aus derselben Quelle entspringt. Unsere Augenlieder schließen sich schnell und unwillkührlich vor jeder plötzlich auffallenden Gefahr, noch ehe sie die Wirkung unseres Willens erreicht, und wir machen die Bewegung des Ausweichens vor einem uns begegnenden Hindernisse, wenn wir gleich noch weit von ihm entfernt sind, ja oft schon bei der Erzählung oder bei dem bloßen Gedanken an eine solche Gefahr.

Die Erzählung großer Thaten erregt nicht bloß Begeisterung, sondern auch den Trieb der Nachahmung, besonders bei jungen Gemüthern, und weniger glücklich organisirte Menschen sind durch Räubergeschichten zu einer ähnlichen Nacheiferung angereizt worden.

§. 226. (Aehnliche Operationen unseres Gedächtnisses.) Auch in unseren Erinnerungen an längst vorübergegangene Ereignisse liegt noch viel Geheimnißvolles, das einer genaueren Untersuchung in hohem Grade würdig ist. Wir fühlen eigene innere Bewegungen, wenn wir uns an einen Namen oder an eine Sache erinnern wollen. Es ist, als ob wir das Verlorne, nicht in dem ganzen Kopfe, sondern nur in einem Theile, in einem bestimmten Winkel desselben suchen sollten, etwa wie man eine in einem Kasten verlegte Schrift nur in gewissen Fächern desselben sucht, wo sie, einer innern Ahnung gemäß, liegen muß. Eindrücke der frühesten Jugend erhalten sich oft noch bis in das späte Alter, während die der männlichen Jahre schon längst entschwunden sind. Wir behalten die Dinge, die wir am Abend eines Tags gehört oder gelernt haben, am sichersten, und vergessen im Gegentheile jene am leichtesten, die wir etwa aus einem Buche unmittelbar vor dem Einschlafen erhalten haben. Verwickelte Untersuchungen, wenn man sie einige Tage ruhen läßt und sich absichtlich von ihnen entfernt, treten dann gewöhnlich mit frischer Klarheit aus ihrem Dunkel hervor. — Wir bewundern mit Recht das ungewöhnlich starke Gedächtniß einiger Menschen. Aber wenn man bedenkt, welche unübersehbare Masse von Dingen auch das gewöhnlichste Gedächtniß eines jeden Menschen in sich aufnimmt, so müssen wir erstaunen, daß so viele Gegenstände in einem so kleinen Raume ohne Verwirrung Platz haben können. Einem Sänger in unsern Opern z. B. muß heute jede Sylbe seiner Rolle, ihr Ton, ihr Zeitmaaß und die sie begleitende Gebehrde, klar und lebhaft vorschweben, und die folgende Rolle des morgenden Tages muß wieder allen jenen gestrigen Vorrath in den dunklen Hintergrund zurückdrängen, um einem neuen Heere von Erinnerungen seine Stelle abzutreten. Alle diese endlosen Reihen liegen zu gleicher Zeit in dem Gedächtnisse des Sängers und können, nach Willkühr, wie die Register einer Orgel, hervorgezogen oder zurückgestellt werden.

§. 227. (Gewohnheiten.) Diese und viele andere Operationen unseres inneren Sinnes werden, wie wir alle erfahren, durch Wiederholung

Digitized by Google

stärker und geläufiger. Diese Wiederholungen, wir mögen sie nun selbst vornehmen oder bloß an Andern häufig genug bemerken, bilden alsdann unsere Gewohnheiten, und auf diesen endlich beruht ein großer Theil unserer Gebräuche und selbst unserer Sitten. Nur aus dieser Gewohnheit läßt es sich erklären, warum so oft, was bei dem einen Volke für gut und schicklich gehalten wird, bei dem anderen schlecht und selbst abscheulich erscheint. Die Gladiatorenspiele der alten Römer und die Menschenopfer der Wilden erregen Entsetzen auch bei Jenen, die doch ohne Anstand Tausende von ihren Brüdern, bloßer Meinungen wegen, dem Scheiterhaufen übergeben oder ihre Blicke an den Leiden eines Verurtheilten laben, oder ein mit Leichen besätetes Schlachtfeld mit Vergnügen sehen und sich dieses Vergnügens noch als einer Tugend rühmen können.

Die Gewohnheit scheint überhaupt einer der mächtigsten Hebel der menschlichen Gesellschaft zu seyn. Es würde gewiß sehr schlecht um uns stehen, wenn wir alles nur aus Ueberzeugung thun sollten, und wenn wir zu nichts früh schon gewöhnt worden wären. Gar Vieles und vielleicht das Beste in jedem Menschen ist nur durch Gewohnheit, von Jugend auf, in ihm entstanden. Wenn unsere Erzieher, die der jungen sowohl, als die der alten Kinder, diese Wahrheit ganz einsehen und sie in das praktische Leben einführen wollten, so würde unsere moralische Welt eine ganz andere Gestalt annehmen. Aber sie vergessen Beide, so oft sie auch das Gegentheil davon im Munde führen, daß ihre Zöglinge ebensowohl Geist als Körper sind, und daß man diese beiden Dinge nicht so leicht trennen kann, als sie meinen. Das, was in unserem Geiste die sogenannte Ueberzeugung hervorbringt, ist nicht immer der eigentliche Beweis. Wie wenig Sachen gibt es, die wir wirklich als bewiesen annehmen können? Die meisten Menschen sehen, was sie auch am besten zu sehen glauben, gleichsam nur wie durch einen Nebel. Beweise wirken nur auf den Geist, aber Gewohnheit reißt Geist und Körper mit sich fort, und zu ihr muß man im praktischen Leben, wo uns die Beweise so oft verlassen, wieder zurückkehren. Wer diese Beweise immer gegenwärtig haben will, wird sich viele unnütze Geschäfte machen und nur selten gut zu Ende kommen. Gewohnheit geht sicherer und schneller zugleich. Die beste Erziehung und die beste Regierung ist die, welche Kinder und Leute gewöhnt hat, gut zu seyn. Grundsätze verlassen uns in der Stunde der Gefahr, aber Gewohnheit ist eine zweite Natur, die uns nie verlassen kann. Rechtthun aus Grundsatz mag verdienstlicher seyn, aber Rechtthun aus Gewohnheit ist sicherer, wenigstens für so schwache Geschöpfe, wie wir sind, die wir uns selbst die Engel nicht anders denken können, als Wesen, die bloß aus der Ursache gut sind, weil sie, etwa wieder aus Gewohnheit, gut seyn müssen.

§. 228. (Instinkt der Menschen.) Wir pflegen in der uns, wie es scheint, angebornen Bescheidenheit unsern eigenen Werth so hoch anzuschlagen, daß wir mit den anderen lebenden Wesen auf dieser Erde durchaus nichts gemein haben wollen. Wir sprechen ihnen erstens den Verstand ab und wollen zweitens nichts von ihrem Instinkt an uns haben, und — wir irren uns wahrscheinlich in beiden Fällen. Die meisten der vorhergehenden Bemerkungen zeigen uns, daß in unserm innern, sogenannten geistigen Organismus ein sehr großer Theil demjenigen angehört, was wir bei den übrigen Geschöpfen Instinkt zu nennen pflegen. Bei einer unpartheiischen Betrachtung unserer Handlungen und beinahe aller unserer geistigen Funktionen geht keineswegs, wie wir uns wohl zuweilen selbstgefällig zu schmeicheln pflegen, Ueberlegung, Vernunft-

Digitized by Google

grund und freie Wahl immer voraus, sondern meistens nur ein gewisses, zwar dunkles, aber mächtig bestimmendes Gefühl, das Menschen von glücklicher Organisation nur selten trügt, und das uns sicherer leitet, als alles schulgerechte Raisonnement. Auch ist es jenes dunkle Gefühl, was uns zum Handeln führt, da das, was wir Vernunftschlüsse nennen, meistens später, erst hinter jenem Gefühle, nachkömmt, und mehr dazu dient, jene erste Sensation zu kontrolliren, als uns den eigentlichen Impuls zu geben. Die gütige Natur ließ es bei dem Menschen, wie es scheint, nicht gern auf die Vernunft allein ankommen, und sie schickt oft schon den Trieb über uns, wenn wir mit dem Beweise noch lange nicht fertig sind. Auf diese Weise greift der Instinct beinahe immer dem geschlossenen Urtheile vor. Das Brauchbarste im Leben hat gewöhnlich Jeder unter uns nicht von Andern gelernt: es wohnt bei und in uns, und wir kommen dazu, ohne selbst recht zu wissen, auf welche Art. Am deutlichsten sehen wir dieß in jenen Dingen, in welchen wir eigentlich nichts, als eben auf diese Weise sehen; ich meine, in unseren sogenannten hyperphysischen Wissenschaften. Denn besteht nicht z. B. unsere Metaphysik, und unsere ganze Philosophie dazu, eigentlich doch nur darin, uns dessen etwas deutlicher, oder — soll ich sagen — etwas gelehrter bewußt zu machen, was wir auch ohne diese Wissenschaft, eigentlich schon längst gewußt haben?

Die stärkste Leidenschaft unter allen, die des Menschen Herz bewegt, diejenige, die keinen Widerstand kennt und kein Opfer scheut, ist die Liebe der Mutter zu ihrem Säuglinge. Jede andere Liebe, so große Ansprüche sie auch auf ihre Uneigennützigkeit machen mag, liebt doch, in letzter Instanz, nur sich selbst. Bei weitem die meisten Menschen thun alles, was sie thun, nur ihres Vortheils wegen, und die wir die Edleren nennen, sind von den andern nur dadurch verschieden, daß sie sich edlere Vortheile zu den Beweggründen ihrer Handlungen wählten. Wenn es die Natur so wollte, was können wir dagegen thun? — Diese Einrichtung ist vielleicht sehr weise und zur Erhaltung des ganzen Geschlechts ganz eben so nöthig, als die Empfindlichkeit zur Erhaltung des Körpers. Wenn wir uns aber dadurch gedemüthigt fühlen, so wollen wir uns dafür mit der Bemerkung zufrieden stellen, daß es unserem Scharfsinne keine Schande bringt, den Betrug ausfindig gemacht zu haben, den uns die Natur, ohne Zweifel zu unserem eigenen Besten, damit spielen wollte. — Also nur in der mütterlichen Liebe zu ihrem neugebornen Kinde äußert sich, bei Menschen, wie bei Thieren, eine unwiderstehliche, von allem Eigennutz, auch der edelsten Art, ganz reine Anhänglichkeit an ein äußeres Wesen. Und worauf hat die Natur diese mächtigste der Leidenschaften gebaut? Auf Vernunftgründe? — Dann wehe der Erhaltung des Geschlechts! Hat sie doch nicht einmal jene andere Liebe, die wir vorzugsweise mit diesem Namen zu bezeichnen pflegen, auf einer so gebrechlichen Basis errichten wollen, wie schon die große Macht beweist, welche dieselbe, selbst gegen die lauteste Stimme der Vernunft, so oft und auf die meisten von uns auszuüben pflegt.

Es wäre besser, daß wir, statt uns noch ferner mit den vermeinten höheren Gaben zu brüsten, mit welchen uns die Natur zum Nachtheile aller anderen Geschöpfe so reichlich beschenkt haben soll, diejenigen Gaben, die wir in der That erhalten haben, ganz unpartheiisch etwas näher kennen zu lernen suchten, als wir bisher gethan haben. Unsere Philosophen sollten, statt der unfruchtbaren Spekulationen, mit welchen sie ihre Zeit vergeuden, vielmehr diese innere Organisation des Menschen

Digitized by Google

genauer kennen lernen. Noch fehlt es uns zu sehr an Beobachtungen und Erfahrungen, um die Natur von dieser uns so nahen und zugleich so interessanten Seite, um unsere eigene innere Natur mit Nutzen studieren zu können. Das würde dermaleinst eine ganz andere Physiologie höherer Art geben und uns eine ganz neue Welt von Kenntnissen öffnen. Was stünde da zu erwarten und wie beneidenswerth müßten uns unsere Enkel erscheinen, wenn sie einmal dahin gelangen sollten, die Erscheinungen und Gesetze dieses inneren Organismus zu erkennen und auf ihn die Kraft der Analyse und unsere Wahrscheinlichkeitsrechnung eben so anzuwenden, wie wir sie bisher, nach Newton's Beispiel und Anleitung, auf die Erscheinungen der Außenwelt, auf die Gesetze der Bewegungen der Himmelskörper angewendet haben.

Allein so wie die Astronomie, so lange sie in den Händen der griechischen Philosophen war, die nur raisonniren, aber nicht beobachten wollten, unfruchtbar blieb, so lange wird auch diese höhere Physiologie, oder die eigentliche Psychologie des Menschen, in ihrer bisherigen Nacht verborgen bleiben, bis man eine hinlängliche Masse guter Beobachtungen und Erfahrungen über diesen Gegenstand gesammelt haben wird. Noch fehlt es uns beinahe gänzlich an denselben, und selbst die Instrumente, mit welchen man diese Beobachtungen anstellen soll, sind uns größtentheils noch unbekannt. Die Erscheinungen, um die es sich hier handelt, werden überdieß zu den gewöhnlichen und alltäglichen gezählt und entgehen eben dadurch unserer Aufmerksamkeit, obschon sie derselben in dem höchsten Grade würdig sind, da wir nur durch sie zu einer nähern Kenntniß unser selbst kommen können. So lange wir bei irgend einer Untersuchung der Natur, der äußeren sowohl als auch der inneren, nicht messen und wägen können, so lange können wir auch nicht rechnen, und wo Rechnung fehlt, fehlt das Beste, fehlt nur nicht eben Alles. Vielleicht ist das sicherste Mittel, diese Messungen vorzunehmen, in uns selbst verborgen, und wir haben bisher nur nicht Geschicklichkeit genug gehabt, es gehörig anzuwenden. Die thierischen Nerven sind vielleicht die feinsten Instrumente, die man zur Beobachtung der Natur gebrauchen kann, besonders wenn sie durch irgend einen Zufall in den Stand einer höheren Reizbarkeit versetzt werden. Durch sie hat man die äußerst schwache Elektricität entdeckt, welche durch die Berührung zweier heterogenen Metalle erregt wird, und sie sind es auch, die uns jene sonderbaren Erscheinungen kennen gelehrt haben, die wir, so wenig wir auch noch von ihnen wissen, dem thierischen Magnetismus und dem Einflusse der Sonne und des Mondes auf verschiedene Krankheiten zuschreiben. Diese Wirkungen sind, wenn sie anders in der That existiren, ohne Zweifel nur sehr schwach, und sie können daher leicht verkannt und von einer zu lebhaften Phantasie auch wohl überschätzt werden: aber dieß kann kein Grund seyn, sie, wie Manche gethan haben, ohne alle weitere Untersuchung zu verwerfen. Wir sind noch so weit entfernt, alle Agentien der Natur zu kennen, daß es durchaus nicht gebilliget werden kann, die Existenz solcher Erscheinungen bloß aus der Ursache zu läugnen, weil sie uns, bei dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse, noch unerklärbar oder unglaublich erscheinen. Auch hier soll man es sich daher, nach jenem goldenen Wahlspruche, angelegen seyn lassen, Alles zu prüfen und das Beste zu behalten. Wie vieles ist in unseren Tagen als eine ausgemachte Wahrheit selbst bis zu dem gemeinsten Manne vorgedrungen, was in der Vorzeit als Thorheit verlacht oder als Irrthum verfolgt worden ist, und umgekehrt. Man denke nur an unsere ehemaligen Astrologen, Zauberer, Traumdeuter, an unsere dämo-

Digitized by Google

niakischen Personen und an die schändlichen Hexenprozesse, denen so viele Unschuldige zum Opfer gebracht wurden. Der Mensch ist halb Geist, halb Körper, wie der Polyp halb Pflanze und halb Thier — und an den Gränzen liegen immer die sonderbarsten Geschöpfe. Durch diese Sonderbarkeit selbst wird schon das Interesse der Untersuchung vermehrt, wenn sie auch nicht sonst schon so innig mit unserem eigenen Wohl und Wehe verbunden wäre. Was ist kläglicher, als ein von Vorurtheilen befangener Geist, den Visionen und leere Träume fesseln, der immer fürchtet und keinen Augenblick sich seines Daseyns rein erfreuen kann. Und, welches Mittel gibt es gegen dieses Unglück, als Bildung und Aufklärung als wahre Erkenntniß der Natur und unserer eigenen Bestimmung? — Nur mit Schauder kann man an die vielen und traurigen Verirrungen denken, welchen sich nicht bloß der Einzelne, sondern sogar ganze Völkerschaften durch mehrere Jahrhunderte ohne Anstand und mit einer Hartnäckigkeit hingegeben haben, die weder die Vernunft, noch die Erfahrung, noch das Unglück selbst in seiner häßlichsten Gestalt, zu besiegen vermochten. Diese Vorurtheile erbitterten ihr Leben, hielten sie in beständiger Besorgniß, verfolgten sie bis in ihre Träume — aber alles dieß vermochte nichts über das arme Menschengeschlecht, das sich allen Qualen der Einbildungskraft willig hingab, um nur dadurch seine Lust zu büßen, in der Zukunft zu lesen und das Unmögliche möglich zu machen.

Müssen wir nicht den Grund einer so betrübenden und so allgemeinen Erscheinung in derselben inneren Einrichtung unseres Wesens, in jener geistigen Physiologie suchen, die dort anfängt, wo unsere materielle Physiologie aufhört, und die ohne Zweifel, so wie diese, bestimmten Gesetzen unterworfen ist, deren nähere Kenntniß uns daher nicht anders als höchst interessant und nützlich zugleich seyn kann. Schon hat man es versucht, einige dieser Erscheinungen aus dem Dunkel hervorzuziehen, in welchem sie bisher verborgen waren, und auf sie die Wahrscheinlichkeitsrechnung anzuwenden. Aber diese Versuche sind noch zu neu und die Untersuchungen selbst vielleicht zu schwer, als daß man sobald schon ihrer Vollendung entgegen sehen sollte. Hier wird es genügen, nur einige der vorzüglichsten derselben kurz anzudeuten.

§. 229. (Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf das öffentliche Leben.) Da auf das Zusammenleben der Menschen in ganzen Völkerschaften so viele äußere und innere Ursachen einwirken, so wird es selbst dem scharfsinnigsten Beobachter oft unmöglich, diese Wirkungen von einander zu trennen und sich bis zu einer klaren Ansicht des Gegenstandes zu erheben. Auch fehlt es uns hier mehr, als sonst wo, an hinlänglichen Erfahrungen. Hätte man z. B. in jedem Zweige der öffentlichen Administration die seit Jahrhunderten neu eingeführten Experimente mit ihren guten oder bösen Folgen genau aufgezeichnet, so würde man jetzt über den Nutzen oder Schaden derselben ein bestimmtes Urtheil fällen können. Aber wie wenige allgemeine und vollkommen bewährte Regeln wird man über diesen so wichtigen Gegenstand anführen können! — So scheint es uns allen klar, daß man dem unabweislichen Fortgange des Ganzen der menschlichen Gesellschaft, in materieller und intellektueller Hinsicht, keinen Damm entgegen setzen soll; aber es ist wohl nicht minder gewiß, daß man jede größere Veränderung nur mit der äußersten Umsicht vornehmen darf, wenn man nicht auf neue, oft ganz unbesiegbare Hindernisse stoßen will. Die Vergangenheit kennen wir bereits durch unsere eigene Erfahrungen: aber die Uebel, welche jede Neuerung

Digitized by Google

mit sich führen kann, sind uns noch ganz fremd. In dieser Unkenntniß der Zukunft gebietet uns die Vernunft sowohl, als auch jene Rechnung, vor allem Vorsicht und Vermeidung aller heftigen Aenderung, bei welcher, wie bei einem gewaltsamen Stoße in der materiellen Welt, immer sehr viel von dem verloren geht, was man in der Mechanik die lebendige Kraft des Systems zu nennen pflegt.

Wie oben in den beiden Beispielen von den in Urnen enthaltenen Kugeln (§. 224), so würden wir auch hier, in Beziehung auf das gesellige Leben der Menschen, ähnliche Fälle anführen, die nicht weniger auffallend sind, als die Resultate, welche man bereits aus den Geburts- und Sterbelisten (§. 220) in verschiedenen Ländern abgeleitet hat. Man muß es lebhaft bedauern, daß die Aufmerksamkeit derjenigen, denen die Leitungen solcher größeren Gesellschaften anvertraut war, bisher viel zu wenig auf diesen höchstwichtigen Gegenstand gerichtet gewesen ist. Nur seit wenigen Jahren macht das Ministerium Frankreichs seinen Comtes généraux de l'administration de la justice jährlich bekannt, und schon lassen sich daraus Resultate ableiten, die nicht nur für dieses Land, sondern für die ganze Menschheit von hohem Interesse sind. Man sieht daraus z. B., daß die Anzahl der körperlichen Verstümmlungen, um sich dadurch dem Militärdienste zu entziehen, alle Jahre nahe dieselbe ist, ja daß dasselbe auch von jeder einzelnen Art dieser Verstümmlungen gilt. So findet man alljährlich in ganz Frankreich nahe 710 Individuen, die sich die rechte Hand verletzen und 1320, die sich die vorderen Zähne ausbrechen, und eben so 970, die wegen Hinken, 920 wegen Kurzsichtigkeit, nur 11 und 12 wegen Krätze, aber gegen 800 wegen Kopfausschlag und 390, die wegen epileptischen Zufällen von der Konscription zurückgewiesen werden müssen. Vor den Tribunaux correctionels dieses Landes erscheinen jährlich 170000 Angeklagte, selten nur einige hundert mehr oder weniger, und von je 100 der Angeklagten werden in der Regel 85 verurtheilt. Eben so konstant erscheint die Zahl der vor den Tribunaux criminels statt habenden Citationen, die jährlich 7200 beträgt, und von je 100 der hier Angeklagten werden 61 verurtheilt. Wenn daher die Bevölkerung Frankreichs 32 Millionen beträgt, so kömmt auf je 4440 Einwohner einer der letzten Angeklagten. Man kann daher 1 gegen 4440 wetten, daß irgend einer dieser Einwohner in dem Laufe eines Jahrs unter der Zahl dieser Unglücklichen gefunden, und 61 gegen 39 oder 100 gegen 64, daß er, wenn er unter ihnen ist, auch verurtheilt werden wird. Dieselbe auffallende Beständigkeit findet sich auch bei den einzelnen Verbrechen wieder, so daß die Verfälschungen, die Diebstähle, die Mordthaten, so wie die Duelle, Banquerotte, und wie alle diese Verirrungen des menschlichen Geistes noch weiter heißen, nahe immer in derselben Anzahl mit jedem Jahre wieder kommen. Welch ein betrübender Anblick! Alljährlich mehrere Tausende in einem einzigen Lande, die gleichsam unwiderstehlich zu den Gerichten und zu den Verurtheilungen hingestoßen werden. Welchem Unholde werden diese Opfer geschlachtet; welchem Feinde des Menschengeschlechtes, welchem neuen Moloch werden diese gräßlichen Abgaben entrichtet? — Voilà un nouveau budget, qu'on paye annuellement avec une régularité effrayante: c'est le budget des prisons, des bagnes et des échafauds. Et cet tribut est acquitté avec plus de régularité, que celui qu'on doit à la nature ou au trésor de l'état. Triste condition de l'espèce humaine! Nous pouvons énumerer d'avance, combien d'individus souilleront leur mains du sang de leurs semblables, combien seront faussaires, voleurs, empoisonneurs, à peu près comme on peut énu-

Digitized by Google

merer d'avance les naissances et les décès, qui doivent avoir lieu l'année prochaine *).

Es scheint daher, daß alles, was sich auf das Menschengeschlecht in Masse bezieht, eben solchen bestimmten und regelmäßigen Gesetzen unterliegt, wie wir dieß bei allen physischen Erscheinungen bemerken, und daß, je größer diese Masse ist, desto mehr der individuelle Wille des Einzelnen in den Hintergrund tritt, um jene Gesetze, sie mögen nun zur Erhaltung oder auch zum Untergange des Geschlechtes führen, desto freier walten zu lassen. Es scheint — aber auch nicht mehr. Wer von uns hat nicht schon aus eigener Erfahrung, an sich und anderen, den gewaltigen Einfluß kennen gelernt, den Erziehung, Umgang, Beispiele, äußere Bedürfnisse u. dgl. auf den sittlichen Zustand des Einzelnen sowohl, als auch ganzer Gesellschaften ausüben. Wer von uns wird nicht, zur Ehre und zum Troste seines Geschlechts, gern annehmen, daß der Unglückliche, den man zu dem Hochgerichte schleppt, ein ganz anderes Loos erhalten und verdient hätte, wenn er unter anderen Verhältnissen erzogen und ausgebildet worden wäre. Wenn wir von den Opfern hören, die in den verflossenen Jahrhunderten den Blattern, der orientalischen Pest, dem sogenannten heiligen Feuer, mit jedem Jahre zu Tausenden fielen, so werden wir dadurch eben so wenig auf den Fatalismus einer ewigen Dauer dieser Kalamitäten geführt werden, als durch die denselben Jahrhunderten angehörenden, aller Vernunft Hohn sprechenden Hexenprozesse, die eben so viele Unglückliche auf den Scheiterhaufen gebracht haben. Beide Uebel haben aufgehört, weil die Ursachen aufgehört haben, aus welchen sie hervorgegangen sind. Laßt Mißjahre und neue Seuchen und verheerende Kriege über uns einbrechen, wie schnell wird dann der sittliche Zustand der Gesellschaft unter sein gewöhnliches Niveau fallen. Wenn die Wuth der Kreuzzüge, die nahe zweihundert Jahre ganz Europa in konvulsivische Zuckungen versetzte, wieder unter uns erwachte, oder wenn, in einer neuen Völkerwanderung, die wilden Bewohner eines Welttheiles sich, wie ein Meer, über den anderen ergießen — welche Zerrüttungen, welcher Jammer würde die unausbleibliche Folge solcher Ereignisse seyn. Und doch würden auch sie nur aus denselben Ursachen hervorgehen, als die sind, welche unsere Ueberschwemmungen, unsere Erdbeben und andere Erscheinungen der Natur begleiten. Wenn diese physischen und moralischen Erschütterungen für irgend ein Land wie die Pest für den Orient, auch Jahrhunderte durch währen sollten, so wird doch kein Besonnener daraus den Schluß ziehen, daß sie immer dauern, aber wohl, daß sie so lange fortfahren werden, zu wirken, als ihre Ursache nicht aufgehört hat, die dort die konstanten Opfer der Seuche, und hier die ebenfalls mit jedem Jahre wiederkommende Anzahl der Angeklagten und der Verurtheilten erzeugt. Die Erforschung dieser Ursache also ist es, die unsere ganze Aufmerksamkeit erfordert, da wir sie nicht zu entfernen im Stande sind, so lange wir sie nicht kennen. Der Mensch und das ganze Menschengeschlecht entsteht, entwickelt sich und vergeht nach bestimmten Gesetzen, die der ewige Urheber der Natur in sie gelegt hat. Diese Gesetze kennen zu lernen und ihre wohlthätigen Wirkungen, so viel in unsern Kräften steht, zu befördern, ist das Größte und Edelste, womit wir uns beschäftigen können, weil nur dadurch die wahre Sittlichkeit, diese höchste Zierde des Menschen, errungen, weil nur dadurch die Perfektibilität des ganzen Geschlechtes, die in unsere Hände gegeben ist, erst möglich gemacht werden kann.

*) Essai de physique sociale. Par. Quetelet. Par. 1835.

Digitized by Google

So betrübend daher auch jene Bemerkungen für den Menschenfreund auf den ersten Anblick erscheinen mögen, so tröstend, ja erhebend werden sie bei einer näheren Betrachtung, da sie uns lehren, daß unser Schicksal, im Ganzen genommen, von uns selbst abhängt, und da sie uns zugleich die Mittel kennen lehrt, durch die allein die Verbesserung dieses Schicksals erhalten werden kann: Vervollkommnung unserer Erziehung, Veredlung unserer Sitten und Gewohnheiten und Verbreitung unserer Kenntnisse von uns selbst und von der ringsum uns umgebenden Natur. Wenn es, aller Erfahrung verflossener Jahrhunderte gemäß, nicht weiter bezweifelt werden kann, daß der Mensch, wie alles, was da lebt, einem von dem ewigen Urheber der Natur aufgestellten Gesetze, dem er sich nicht völlig entziehen kann, unterworfen ist, so ist es doch auf der andern Seite, derselben Erfahrung gemäß, nicht minder klar, daß jeder einzelne Mensch durch die Freiheit seines Willens und durch Veredlung seiner geistigen Kraft, nicht nur sich selbst den Einflüssen jenes Gesetzes oder vielmehr den daraus entspringenden Hindernissen mehr und mehr entziehen und ihnen entgegen wirken, sondern daß er, wenn er mit vorzüglicher Geisteskraft begabt und vom Glücke in seiner Stellung begünstiget ist, selbst auf die Vervollkommnung seines ganzen Geschlechtes oft auf das wohlthätigste und auf viele Jahrhunderte hin, einwirken kann, wie unsere Geschichte auf mehr als einem ihrer Blätter zeugt. Diese Auserwählten, diese so recht eigentlich vom Himmel zur Veredlung des Menschengeschlechtes Berufenen sind es, denen man an ihrer Wiege schon sagen, denen man bis an das Ende ihrer irdischen Laufbahnen täglich wiederholen sollte, welchen hohen Auftrag sie erhalten, welche schwere Verantwortung sie auf sich genommen haben.

Leben wir der heiteren Hoffnung, daß die Zeit, wo diese Wünsche, wenigstens ihrem größeren Theil nach, in Erfüllung gehen sollen, nicht mehr so fern von uns ist. Seit mehreren Jahrzehnten ist in beinahe allen Ländern Europas ein Geist der Beobachtung und Untersuchung rege geworden, der sich vorzüglich in den eigentlich sogenannten Naturwissenschaften äußert. So lebhaft waren seine Fortschritte in allen Zweigen unserer Erkenntniß der uns umgebenden Welt, daß diese letzten Zeiten mehr Entdeckungen gebracht haben, als viele vorhergehende Jahrhunderte zusammen genommen. Immer mehr wendet sich dieser Geist ab, einerseits von dem Reiche der Dichtkunst und der Romantik, die mehr dem jugendlichen Alter der Völker geziemt, und andererseits von den gehaltleeren Spekulationen der Metaphysik, um seine ganze Kraft auf die Erkenntniß der Natur zu vereinigen, auf bestimmte, durch *Beobachtung* und *Berechnung* konstatirte Erkenntniß positiver Erscheinungen. Diese zweckmäßigste aller Beschäftigungen, die der menschliche Geist wählen kann, wird nicht verfehlen, auch auf ihn selbst wieder wohlthätig zurück zu wirken. In der That scheint sich bereits die Zeit immer weiter von uns zu entfernen, wo selbst die Besseren mit oberflächlichen, mit halbverstandenen Ansichten und mit unbestimmten Umrissen sich begnügten, während man jetzt mit jedem Tage mehr auf feste Form und scharfe Gränze dringt, und selbst bei solchen Untersuchungen, die früher ganz außer dem Bereich der Mathematik lagen und dem Zufalle überlassen wurden, nicht bloß beobachten, messen und wägen, sondern auch diese Beobachtungen der eigentlichen *Rechnung* unterwerfen will, weil diese, und diese *allein* uns in den Stand setzt, die gewünschte Wahrheit unserer Erkenntniß, wenn auch nicht völlig zu erreichen, doch uns derselben immer mehr und mehr zu nähern.

§. 230. (Wahrscheinlichkeitsrechnung bei Zeugenaussagen.) Die Wahr-

Digitized by Google

scheinlichkeit der Zeugenaussagen bei unseren Gerichten zu kennen, muß für den Richter sowohl, als auch für den Gerichteten von der größten Wichtigkeit seyn. Oft zwar wird es sehr schwer und oft sogar unmöglich seyn, auf diesem Wege die gesuchte Wahrheit zu erhalten, da die meistens unbekannte Wahrheitsliebe des Menschen und der Grad seiner Einsicht des Gegenstandes die Sache selbst mannigfaltig verändern kann. Wenn aber diese beiden Umstände einigermaßen bekannt sind, so läßt sich unsere neue Rechnung in der That darauf anwenden.

Ein Zeuge sagt vor Gericht aus, daß unter mehreren Fällen, von denen man nur n als möglich erkennt, ein bestimmter dieser n Fälle in der That statt gehabt habe. Ist dann w die Wahrhaftigkeit des Zeugen, das heißt der Grad der Verläßlichkeit, daß er die von ihm als Wahrheit erkannte Sache auch in der That aussagen will, und ist s die Sicherheit desselben, d. h. der Grad der Verläßlichkeit, daß er sich in seiner eigenen Ansicht nicht selbst geirrt habe, so ist, wie jene Rechnung zeigt, die Wahrscheinlichkeit, daß jener bestimmte Fall in der That statt gehabt hat, gleich dem Produkte von w in s, mehr dem Produkte von $1 - w$ in $1 - s$ durch $n - 1$ dividirt.

Aus dieser allgemeinen Formel lassen sich eine Menge besonderer Fälle ableiten. Ist man z. B. von der Wahrhaftigkeit oder Redlichkeit des Zeugen vollkommen überzeugt, so ist die Wahrscheinlichkeit seiner Aussage gleich dem Produkte von w in s. Ganz dasselbe hat auch statt, wenn man von seiner Sicherheit, d. h. von der Richtigkeit seiner Einsicht vollkommen überzeugt ist. Muß man aber voraussetzen, daß er eben so leicht redlich als unredlich seyn, und daß er eben so leicht die wahre als auch eine falsche Ansicht von der Sache haben kann, welche Voraussetzung meistens statt haben wird, so ist die Wahrscheinlichkeit seiner Aussage gleich $^3/_4$, also etwas kleiner als $^1/_2$. Wären statt 3 möglichen Fällen 4, 5, 10 oder 100 Fälle möglich, so würde die Wahrscheinlichkeit seiner Aussage nach der Ordnung $^7/_8$, $^9/_{16}$, $^{19}/_{36}$, und $^{199}/_{396}$, also immer näher an $^1/_4$ kommen, d. h. wenn die Anzahl der möglichen Fälle unendlich groß ist, so ist die Wahrscheinlichkeit der Aussage eines solchen Zeugen nur gleich $^1/_4$, oder es ist dreimal wahrscheinlicher, daß seine Aussage falsch ist, als daß sie richtig sey.

Nehmen wir in einem zweiten Beispiele an, daß zwei Zeugen, von deren richtiger Ansicht (Sicherheit) man überzeugt ist, und deren Wahrhaftigkeit (Redlichkeit) bei beiden gleich w ist, über ein Ereigniß, von welchem aber nur zwei Fälle möglich sind, gleichlautend dasselbe aussagen, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß sie die Wahrheit aussagen, gleich w^2 dividirt durch die Zahl $w^2 + (1 - w)^2$. Ist also z. B. w gleich $^1/_2$, d. h. muß man voraussetzen, daß beide Zeugen eben so gut redlich als unredlich seyn können, so ist die Wahrscheinlichkeit ihrer Aussage gleich $^1/_2$, also ihre Aussage ganz eben so wahrscheinlich, als das Gegentheil derselben. Ist aber w nur gleich $^1/_3$, so ist die Wahrscheinlichkeit der gleichlautenden Aussage beider Zeugen gleich $^1/_5$. Sind aber nicht zwei, sondern drei solche gleichlautende Zeugen vorhanden, so ist die Wahrscheinlichkeit ihrer gemeinschaftlichen Aussage, wenn wieder w gleich $^1/_3$ ist, gleich $^1/_9$, ist aber w gleich $^2/_3$, so ist jene Wahrscheinlichkeit gleich $^8/_9$, also schon sehr groß, und noch größer wird diese Wahrscheinlichkeit, wenn von dem Ereignisse nicht bloß zwei, sondern mehrere Fälle möglich sind.

§. 231. (Wahrscheinlichkeitsrechnung bei Wahlen.) Die Wahlen der Kandidaten zu Aemtern hängen gewöhnlich von der Mehrheit der Stimmen, aber auch von der Einsicht und Unpartheilichkeit der Wählenden

Digitized by Google

ab, welche letzte nur schwer einer Berechnung unterworfen werden können. Doch gibt es auch hier einige allgemeine Gesetze, die schon der gemeine Verstand vorschreibt und die von der Analyse bestätiget werden. Wenn es z. B. den Wählenden an Einsicht fehlt, wenn das Amt besonders wichtig ist, wenn die Sache, die man dadurch zu erreichen sucht, mit allgemein angenommenen Vorurtheilen im Streite liegt, dann wird die gewöhnlich beliebte Mehrheit der Stimmen desto eher auf Irrwege führen, je größer die Anzahl der Stimmenden ist. Daher sollten größeren Versammlungen nur solche Dinge zur Entscheidung überlassen werden, die der größere Theil der Menschen bereits näher kennt, und aus eben dieser Ursache daher sollte vorzüglich diejenige Klasse der menschlichen Gesellschaft durch Bildung und wahre Aufklärung sich auszeichnen, die durch ihre Stellung in der Gesellschaft, über das Schicksal der andern zu entscheiden bestimmt ist.

Die sicherste Art, unter mehreren vorgeschlagenen Kandidaten Einen zu wählen, ist die, wo jeder Wähler die Namen dieser Kandidaten aufschreibt und ihnen diejenigen Zahlen beisetzt, die, nach seiner Ansicht, die Verdienste der Kandidaten zu dieser Wahl ausdrücken sollen. Wenn z. B. vier Wähler über drei Kandidaten A B C folgende Liste eingeben:

Wähler	I.	II.	III.	IV.
A .	10	4	3	3
B .	5	7	6	7
C .	2	3	2	5

so hat der erste Kandidat 20, der zweite 25 und der dritte 12 Stimmen, also der zweite die meisten und der dritte die wenigsten, daher der zweite gewählt wird. Wenn aber die Wähler ihre Listen nur so abgeben, daß der zuerst stehende Kandidat als der würdigste, der zweite als der nächstwürdige gehalten wird, wenn z. B. jene vier Wähler folgende Liste eingeben:

Wähler	I.	II.	III.	IV.
	B	A	C	B
	A	B	A	C
	C	C	B	A

so denkt man sich von dem untersten Kandidaten einer jeden Reihe anzufangen, die Zahlen 1, 2, 3 beigeschrieben und verfährt, wie zuvor. Auf diese Weise hat der Kandidat A die Zahlen 2, 3, 2 und 1 also 8 Stimmen, B aber 9 und C endlich 7, also hat B wieder die meisten und C die wenigsten Stimmen.

Da aber die Interessen der Wähler und andere, den Verdiensten der Kandidaten oft ganz fremde, Rücksichten den Zweck, den man durch diese Wahlen erreichen will, oft stören, so möchte es im Allgemeinen immer am gerathensten seyn, bei den Wahles durch absolute Stimmenmehrheit stehen zu bleiben, wodurch wenigstens diejenigen Kandidaten entfernt werden, welche die Majorität der Stimmen zurückweiset.

§. 232. (Wahrscheinlichkeitsrechnung bei Urtheilssprüchen.) In solchen Gerichten, wo wichtige und schwere Verurtheilungen ausgesprochen werden, müssen offenbar auch die stärksten Gründe für die Existenz der zu strafenden Schuld vorausgehen, besonders bei Todesstrafen, wo kein Ersatz mehr möglich ist. Mathematische Gewißheit ist hier meistens unmöglich, und doch muß das Urtheil gefällt werden, weil durch die Ungestraftheit des Verbrechers die Sicherheit der Gesellschaft leidet. Man muß also wenigstens so starke Beweise für die wirkliche Existenz der

Digitized by Google

Schuld haben, daß die Gesellschaft weniger zu fürchten hat, wenn der Beklagte unschuldig verurtheilt wird, als wenn er, schuldig und freigesprochen, durch seine künftigen Attentate den Staat wieder in neue Gefahren setzt.

Welches ist aber die Wahrscheinlichkeit, daß ein durch die Mehrheit der Richter ausgesprochenes Urtheil in der That der Gerechtigkeit angemessen ist? — Die Majorität von bloß einer Stimme in einem zahlreichen Tribunale zeigt an, daß der Gegenstand, um den es sich hier handelt, noch sehr zweifelhaft ist. Wollte man aber z. B. bei jedem Todesurtheile die Totalität der Stimmen fordern, so ist wohl die Wahrscheinlichkeit des Ausspruchs sehr groß, aber dann würden auch gewiß zu viele Schuldige ungestraft bleiben. Man muß daher entweder die Anzahl der Richter vermindern, wenn man ihre Unanimität als Basis der Verurtheilung aufstellt, oder man muß die Majorität der Stimmen vergrößern, wenn man nach der Stimmenmehrheit urtheilen will.

Unsere Analyse zeigt darüber Folgendes. — Wenn in einem Tribunale z. B. von 8 Richtern schon 5 Stimmen zur Verurtheilung des Angeklagten hinreichen, so ist die Wahrscheinlichkeit, daß die Sentenz gerecht ist, gleich 0.746 also kleiner als $^3/_4$, da sie doch gleich 1 seyn sollte, wenn diese Wahrscheinlichkeit zur Gewißheit wird. Sind nur 6 Richter und werden 4 Stimmen zum Urtheil erfordert, so ist jene Wahrscheinlichkeit gleich 0.774, schon größer als $^3/_4$, also auch größer als zuvor. Der Angeklagte geht daher im zweiten Falle, bei wenigern Richtern, sicherer, als im ersten, obschon in beiden Fällen die Majorität um dieselbe Größe 2 beträchtlicher ist, als die Minorität. Sind von 10 Richtern schon 6 zur Majorität hinreichend, so ist die Wahrscheinlichkeit eines gerechten Urtheils 0.73, und sind von 12 Richtern 7 zur Majorität genug, so ist diese Wahrscheinlichkeit gleich 0.71 u. s. w. Wenn überhaupt zwei Stimmen mehr schon zu dem Urtheile hinreichen, so wird die Wahrscheinlichkeit, daß die Sentenz gerecht ist, immer kleiner, je größer die Anzahl der Richter ist. Dasselbe wird auch der Fall seyn, wenn mehr als 2 Stimmen zur Majorität erfordert werden, so daß die Wahrscheinlichkeit eines gerechten Urtheils mit der Anzahl der Richter immer abnimmt.

Im Gegentheile, wenn man statt eines solchen arithmetischen irgend ein geometrisches Verhältniß für die Majorität der Richter festsetzt, so wächst die Sicherheit des Urtheils zugleich mit der Anzahl der Richter. Wird z. B. angenommen, daß die Sentenz nur dann vollzogen werden kann, wenn zwei Drittheile der Richter für die Strafe stimmen, so ist die Wahrscheinlichkeit einer gerechten Sentenz bei 6 Richtern nahe 0.75 oder $^3/_4$. Bei 12 Richtern aber, wo also 8 für das Urtheil gefordert werden, ist diese Wahrscheinlichkeit gleich 0.867 oder nahe $^6/_7$, also schon bedeutend größer, als zuvor. Werden endlich von 12 Richtern 9 Stimmen zur Ausführung der Sentenz erfordert, so ist die Wahrscheinlichkeit einer gerechten Sentenz 0.955, also sehr groß und nahe gleich 1.

§. 233. (Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf Astronomie.) Wir haben bereits oben (§. 217) durch ein Beispiel zu zeigen gesucht, wie die Auflösung der wichtigsten Probleme der Astronomie, und überhaupt aller eigentlichen Naturwissenschaften, ihre letzte Vollendung nur durch diese neue Rechnung erhalten kann. In allen Fällen, wo wir uns der gesuchten Wahrheit so weit nähern wollen, daß die Fehler unserer Sinne und die bei allen menschlichen Unternehmungen unvermeidlichen Unvollkommenheiten, da sie nicht gänzlich entfernt werden können, wenigstens den kleinstmöglichen Einfluß auf die Resultate unserer Unter-

Digitized by Google

suchungen haben sollen, in allen diesen Fällen müssen wir zu Wahrscheinlichkeitsrechnung, als dem einzigen Mittel zu diesem Zwecke, unsere Zuflucht nehmen.

Es würde uns viel zu weit führen, wenn wir hier die Art, auf welche die Astronomen jene Rechnung auf ihre Beobachtungen anzuwenden pflegen, in ihrem ganzen Umfange auseinander setzen wollten, besonders wenn sie, wie es öfters vorkömmt, mehrere unbekannte Größen, die auf irgend eine Weise von einander abhängen und sich gleichsam gegenseitig bedingen, zu gleicher Zeit bestimmen wollen, wie dieß in dem oben (§. 217) angeführten Beispiele geschehen ist. Da es aber doch dem Leser ohne Zweifel nicht anders als interessant seyn kann, dieses sonderbare Verfahren wenigstens in seinen Hauptzügen kennen zu lernen, so wird es uns erlaubt seyn, hier nur den einfachsten Fall, wo bloß eine einzige Größe zu bestimmen ist, näher anzuführen.

Nehmen wir also an, man hätte, etwa durch drei Beobachtungen, von welchen keine irgend einem besondern Verdachte eines dabei begangenen Fehlers ausgesetzt ist, die geographische Breite von Wien, wie oben (§. 217) gefunden:

48°	12′	33″
48°	12′	34″
48°	12′	35″

Da man, wie gesagt, diese drei Beobachtungen im Allgemeinen als gleich gut ansehen muß, und da sie doch von einander verschieden sind, so entsteht nun die Frage, welche von ihnen oder auch, welche Kombination von ihnen man wählen oder als die der Wahrheit am nächsten stehende annehmen soll.

Das Princip, worauf diese und alle ähnlichen Untersuchungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung beruhen, besteht in Folgendem. Der wahrscheinlichste Werth der Größe, die man aus mehreren Beobachtungen bestimmen will, ist immer derjenige, für welchen die Summe der Quadrate der Fehler aus den einzelnen Beobachtungen die kleinstmögliche oder ein Minimum ist. Diese Fehler sind aber hier offenbar diejenigen Differenzen, die man erhält, wenn man die einzelnen, durch die Beobachtungen für diese gesuchte Größe erhaltenen Resultate, von diesem wahrscheinlichsten Werth derselben subtrahirt.

Wenn nun, wie hier, die einzelnen Beobachtungen alle einen gleichen Werth unter sich haben, so ist dieser wahrscheinlichste Werth der gesuchten Größe offenbar gleich dem sogenannten arithmetischen Mittel aus allen beobachteten Größen. Da es hier bloß um die Secunden zu thun ist, so kann man für die beobachteten Größen die Zahlen

33″, 34″ und 35″

annehmen, und dann ist der dritte Theil der Summe derselben, oder die Zahl 34″, die gesuchte wahrscheinliche Größe. In der That erhält man auch, wenn man die drei Beobachtungen von dieser Zahl 34 subtrahirt, die Differenzen, oder die Fehler 1, 0 und — 1, und die Summe dieser drei Quadrate ist 2. Jede andere statt 34 angenommene Zahl würde eine größere Summe der Fehlerquadrate geben. Nähme man z. B. die Zahl 33, so wären die drei Fehler 0, 1 und 2, also auch jene Summe gleich 5 oder größer als 2. Nähme man aber die Zahl 34.5, so wären die drei Fehler 1.5, 0.5 und — 0.5, also auch die Summe der Fehlerquadrate gleich 2.75, wieder größer als 2, und sofort für alle anderen Zahlen außer 31, welche letzte man daher als die wahrscheinlichste, als

Digitized by Google

die der Wahrheit zunächst liegende, annehmen wird, eine Annahme, die im Allgemeinen desto sicherer seyn wird, je größer die Anzahl der unter sich gleich guten Beobachtungen ist.

Wir haben sonach für den wahrscheinlichsten Werth unserer Polhöhe, so weit sie aus diesen drei Beobachtungen erhalten werden kann, die Größe 48° 12′ 34″ erhalten, und es entsteht nun die Frage, wie viel oder wie wenig man sich wohl auf diese Bestimmung verlassen kann. Dieses Maaß der Verläßlichkeit des erhaltenen Resultats pflegt man das Gewicht desselben zu nennen, und die Analyse zeigt, daß dieses Gewicht immer gleich ist dem halben Quadrate der Anzahl der Beobachtungen, dividirt durch das Quadrat der Fehler derselben. Die Anzahl der Beobachtungen ist hier 3, die Summe der Fehlerquadrate aber 2, also ist das gesuchte Gewicht des erhaltenen Resultats gleich der Hälfte von 9 dividirt durch 2 oder gleich 2.25. Man sieht, daß dieses Gewicht desto größer seyn wird, je größer die Anzahl der Beobachtungen und je kleiner die Fehler derselben sind, wie es auch schon die Natur der Sache erfordert.

Um das nun Folgende kürzer auszudrücken, wollen wir durch N die Quadratwurzel aus der Anzahl der Beobachtungen, und durch P die Quadratwurzel aus dem erhaltenen Gewichte des Resultats 48° 12′ 34″ bezeichnen. In unserem Beispiele ist 3 die Anzahl der Beobachtungen und 2.25 das Gewicht des Resultats, also ist $N = 1.732$ und $P = 1.5$.

Dieß vorausgesetzt, nennt man den mittleren Fehler des Resultats, welches man erhält, wenn man die Zahl 0.2821 durch P dividirt; dieser mittlere Fehler, hier 0.188, ist die Summe der Produkte jedes Fehlers der einzelnen Beobachtungen in die dieser Beobachtung zukommende Wahrscheinlichkeit.

Der wahrscheinliche Fehler des Resultats aber, d. h. derjenige, von dem es gleich annehmbar ist, daß man ihn begangen oder auch nicht begangen habe, ist gleich der Zahl 0.4769 dividirt durch P, also ist in unserem Beispiele dieser wahrscheinliche Fehler gleich 0.″32, oder mit anderen Worten, das erhaltene Resultat 48° 12′ 34″ kann eben so gut um 0.″32 zu groß, als um 0.″32 zu klein seyn, aber nicht um mehr, da es z. B. schon weniger wahrscheinlich ist, daß das Resultat um 0.″4, als daß es um 0.″32 fehlerhaft ist.

Dieß war der wahrscheinliche Fehler des Resultats aller Beobachtungen. Welches ist aber der wahrscheinliche Fehler einer jeden einzelnen Beobachtung? — Dieser wird offenbar größer seyn als jener, und man findet ihn, wenn man jenen mit N multiplicirt. Er ist in unserem Beispiele gleich 0.″55, d. h. also, man muß der Wahrscheinlichkeit gemäß annehmen, daß jede einzelne der drei vorhergehenden Beobachtungen um 0.″55, aber nicht um mehr, fehlerhaft ist.

Wenn wir also auch nicht eben vollkommen gewiß sind, daß das erhaltene Resultat der Wahrheit gemäß ist, so wissen wir doch, daß es, so lange wir uns auf diese drei Beobachtungen beschränken, dieser Wahrheit am nächsten liege. Dieses Resultat wird vielleicht noch einer Verbesserung bedürfen, die wir finden können, wenn wir die Beobachtungen weiter fortsetzen. Indessen wird es doch auch jetzt schon interessant seyn, zu wissen, welches die beiden Gränzen sind, zwischen welchen jener wahrscheinliche Fehler liegen muß. Man findet diese Gränzen, wenn man den gefundenen wahrscheinlichen Fehler in die Zahl 0.4769 multiplicirt und durch N dividirt. In unserem Beispiele war der wahrscheinliche Fehler des Resultats 0.32, also ist diese 0.09, oder vielmehr die Summe und die Differenz der beiden letzten Größen, so daß also der wahre Werth

Digitized by Google

des wahrscheinlichen Fehlers des Resultats zwischen die Gränzen 0."41 und 0."23 fallen muß, oder daß man eins gegen eins wetten kann, daß der wahre Fehler des Resultats zwischen 0."23 und 0."41 fällt. Eben so erhält man für die Gränzen des wahrscheinlichen Fehlers einer jeden einzelnen Beobachtung, der oben 0."55 gefunden wurde, die beiden Zahlen 0."40 und 0."71, welche letzten Gränzen, der Natur der Sache nach, weiter auseinander stehen müssen, als die ersten.

Wenn es auch der Absicht dieser Schrift nicht angemessen seyn kann, die Gründe der hier aufgestellten Sätze mitzutheilen, so sieht man doch ohne meine Erinnerung, welchen großen und ausgebreiteten Nutzen Untersuchungen dieser Art haben müssen, wenn es sich darum handelt, die Resultate der Beobachtungen mit der größten Schärfe zu erhalten oder wenigstens zu erfahren, bis zu welchem Grade man sich auf dieselben verlassen kann, um dann wieder andere Folgerungen mit Sicherheit daraus abzuleiten.

In dem Vorhergehenden haben wir die Beobachtungen unter sich von durchaus gleichem Werthe angenommen. Wenn aber dieser Fall nicht statt hat, so erhalten die oben mitgetheilten Vorschriften einige leichte Modifikationen, die wir hier noch kurz anzeigen wollen.

Nehmen wir an, wir hätten wieder die drei vorhergehenden Beobachtungen erhalten:

48°	12′	33″
48°	12′	34″
48°	12′	35″

aber die Werthe derselben seyen verschieden, so zwar, daß die zweite zweimal und die letzte dreimal besser seyn soll, als die erste, oder daß die Werthe dieser Beobachtungen nach der Reihe gleich 1, 2 und 3 sind.

Da es uns hier wieder nur um die Secunden der gesuchten Polhöhe zu thun ist, so können wir die drei Beobachtungen gleich den drei Zahlen 33, 34 und 35 annehmen. Dieß vorausgesetzt, erhält man nun den wahrscheinlichsten Werth der Polhöhe oder des gesuchten Resultats, wenn man jede einzelne Beobachtung mit dem Quadrate ihres Werthes multiplicirt und die Summe dieser Produkte durch die Summe der Quadrate jener drei Werthe dividirt. In unserem Falle sind jene Produkte 33, 136 und 315, deren Summe gleich 484 ist, und eben so sind die Quadrate der Werthe 1, 4 und 9, deren Summen 14 beträgt. Demnach ist der wahrscheinlichste Werth der Beobachtungen gleich $484/14$ oder gleich 34."571, so daß also die gesuchte wahrscheinlichste Polhöhe gleich 84° 12′ 34."571 ist, nicht mehr in der Mitte zwischen der ersten und letzten Beobachtung, sondern beträchtlich näher an der dritten, weil diese dritte, mit dem Werthe 3, die beste von allen, also die überwiegende ist.

Nimmt man nun die Differenzen dieses Resultats 34."571 von den einzelnen Beobachtungen, so erhält man 1."571, 0."571 und 0."429 und davon ist die Summe der Quadrate gleich 5."428.

Dieß vorausgesetzt, ist das Gewicht dieses Resultats gleich der halben Anzahl der Beobachtungen, multiplicirt mit der Summe der Quadrate der Werthe, dividirt durch die vorhergehende Zahl 5."428, das heißt also gleich 3."959, also beträchtlich größer, als zuvor, weil auch die Werthe der einzelnen Beobachtungen größer sind. Nennt man nun wieder P die Quadratwurzel dieses Gewichtes, oder ist $P = 1."99$, so ist, wie zuvor, der *mittlere Fehler* des Resultats gleich 0."2821 dividirt durch P, das heißt in unserem Beispiele ist der mittlere Fehler gleich 0."142. Der wahrscheinliche Fehler des Resultats aber ist gleich

Digitized by Google

der Zahl 0."4769 dividirt durch P, oder gleich 0."240, und beide Fehler sind kleiner, als zuvor, da die Beobachtungen besser sind und eben so mit den übrigen Bestimmungen.

Besonders merkwürdig ist bei diesen Untersuchungen diejenige Größe, welche wir oben den mittleren Fehler des Resultats genannt haben, und der, wie wir gesehen haben, gleich der Zahl 0.2821 dividirt durch die Quadratwurzel aus dem Gewichte dieses Resultats ist. Die folgende Tafel gibt uns ein Mittel, diesen mittleren Fehler und die Ausdehnung desselben oder die wahrscheinlichen Gränzen, zwischen welche er fallen kann, noch näher kennen zu lernen.

a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
0.00	0.010	0.35	0.379	0.70	0.677	1.05	0.862	1.40	0.952
0.05	0.056	0.40	0.428	0.75	0.711	1.10	0.880	1.45	0.960
0.10	0.112	0.45	0.475	0.80	0.742	1.15	0.896	1.50	0.966
0.15	0.168	0.50	0.520	0.85	0.771	1.20	0.910	1.55	0.972
0.20	0.223	0.55	0.563	0.90	0.796	1.25	0.923	1.60	0.976
0.25	0.276	0.60	0.603	0.95	0.821	1.30	0.934	1.65	0.980
0.30	0.329	0.65	0.642	1.00	0.843	1.35	0.944	1.70	0.984
								2.00	0.995

Nennt man nämlich wieder P die Quadratwurzel des Gewichts des erhaltenen Resultats, so drückt die Größe b der vorhergehenden Tafel die Wahrscheinlichkeit aus, daß jener mittlere Fehler zwischen den beiden Gränzen $+\frac{a}{P}$ und $-\frac{a}{P}$ liege. Daraus folgt dann, in Gemäßheit des oben Gesagten, daß die Zahl (1 — b) die Wahrscheinlichkeit des Gegentheils, das heißt die Wahrscheinlichkeit ist, daß der mittlere Fehler irgendwo außer den genannten Gränzen liege, und daß man die Summe b gegen die Summe (1 — b) oder, was dasselbe ist, daß man die Größe $\frac{b}{1-b}$ gegen die Einheit wetten kann, daß jener mittlere Fehler in der That zwischen jenen beiden Gränzen $+\frac{a}{P}$ und $-\frac{a}{P}$ liegen müsse.

So fanden wir in unserem ersten Beispiele, wo die Werthe der sämmtlichen Beobachtungen einander gleich waren, für die wahrscheinlichste Polhöhe das Resultat 48° 12' 34" mit dem Gewichte 2.25. Nimmt man nun a = 0.5, so ist $\frac{a}{P}$ gleich 0.3", und die Tafel gibt b = 0.520 also auch $\frac{b}{1-b} = 1.08$, so daß man also 1.08 gegen 1 wetten kann, daß das gefundene Resultat nicht über 0.3" fehlerhaft ist. Nimmt man aber a = 1, so ist $\frac{a}{P} = 0.7$ und b = 0.843, sowie $\frac{b}{1-b} = 5.4$, und man kann daher 5.37 gegen 1 wetten, daß jenes Resultat nicht über 5."4 fehlerhaft ist. Eben so zeigt a = 2, daß man 200 gegen 1 wetten kann, daß das Resultat nicht über 1."3 fehlerhaft ist u. s. f.

Digitized by Google

Dieß wird hinreichen, den Lesern eine wenigstens allgemeine Ansicht von dieser neuen Rechnungsart und von der ausgebreiteten Anwendung derselben bei allen naturwissenschaftlichen Untersuchungen zu geben.

§. 234. (Bereits geleisteter Nutzen dieser neuen Rechnungsart in der Astronomie.) Die Astronomie bietet uns bereits mehrere Beispiele von dem Nutzen dar, welchen die Wahrscheinlichkeitsrechnung, obschon sie erst seit kurzer Zeit ihre größere Ausbildung erhalten hat, in oft sehr verwickelten Untersuchungen geleistet hat, über deren wahre Kenntniß wir, ohne die Hülfe dieser Analyse, wahrscheinlich noch sehr lange in Ungewißheit geblieben wären.

Eines der wichtigsten Elemente der gesammten Astronomie ist ohne Zweifel die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde, oder die halbe große Axe der Erdbahn, da von ihr die Bestimmung aller anderen Entfernungen der Planeten unseres Systems von einander abhängt, wie unmittelbar aus dem oben (I. §. 146) erklärten dritten Gesetze Kepler's folgt. Enke hat die sämmtlichen Beobachtungen der beiden Venusdurchgänge von 1761 und 1769, die zu diesem Zwecke besonders geeignet sind (II. §. 68) mit der größten Sorgfalt berechnet, und als Resultat seiner Untersuchungen gefunden, daß die wahrscheinlichste mittlere Horizontalparallaxe der Sonne für die Bewohner des Erdäquators gleich 8.5776 Secunden ist, und daß der wahrscheinliche Fehler dieser Bestimmung 0.037 Secunden beträgt. Demnach würde man also in einer billigen Wette Eins gegen Eins für die Behauptung einsetzen können, daß jene Sonnenparallaxe nicht kleiner als 8."5406 und nicht größer als 8."6146 ist. Welches ist aber die daraus folgende Ungewißheit unserer Kenntniß der mittleren Entfernung der Sonne von der Erde? — Wenn man auf einen Grad des Aequators, wie gewöhnlich, 15 geographische Meilen rechnet, so daß also der Umfang des ganzen Aequators 5400 Meilen hat, so folgt daraus der Halbmesser des Aequators gleich 859.4366 Meilen. Dann beträgt also die aus der obigen wahrscheinlichsten Parallaxe abgeleitete Entfernung der Sonne 20 666 800 Meilen und aus dem zuvor angegebenen wahrscheinlichen Fehler dieser Bestimmung folgt, daß man wieder Eins gegen Eins wetten kann, daß die wahre mittlere Entfernung der Sonne nicht kleiner als 20 577 649 und nicht größer als 20 755 943 Meilen ist. Wir sind demnach über diese Entfernung noch um 89147 Meilen oder um nahe 52 Erddurchmesser ungewiß. Diese Ungewißheit beträgt den 233sten Theil der Entfernung der Sonne von der Erde und scheint daher nicht eben sehr gering zu seyn. Allein wenn wir bedenken, daß wir die Entfernungen der meisten großen Städte Europas wohl schwerlich bis auf ihren 233sten Theil, und die der außereuropäischen Städte noch lange nicht einmal so genau kennen, so wird uns dieß mit jener viel schwerer zu bestimmenden Entfernung der Sonne durch unsere Astronomen wohl wieder auszusöhnen im Stande seyn.

Eine andere Gelegenheit, den Nutzen dieser neuen Analysis zu zeigen, gab die oben (I. §. 171) erwähnte Acceleration der mittleren Bewegung des Mondes. Da bei allen Planeten die mittleren Axen ihrer Bahnen, also auch, vermöge des eben so angeführten dritten Gesetzes Kepler's, die mittleren Bewegungen dieser Planeten vollkommen konstant und unveränderlich gefunden wurden, so war es auffallend, daß der Mond von diesem allgemeinen Gesetze der Natur eine Ausnahme machen sollte. Indeß schienen die Beobachtungen die Existenz dieser Ausnahme über allen Zweifel zu erheben, und es handelte sich nun darum, durch die Theorie den Grund derselben zu finden. Allein diese Untersuchung quälte die größten Geometer des vergangenen Jahrhunderts durch eine

Digitized by Google

lange Zeit. Lagrange, der darüber sehr viele und mühsame Rechnungen angestellt hatte, gerieth endlich auf den Abweg, das Daseyn dieser Acceleration als eine bloße Täuschung ganz zu verwerfen. Allein Laplace, der die älteren Beobachtungen, besonders die der Araber, mit denen der neueren Zeiten sorgfältig verglich und auf diese Vergleichung seine neue Analyse anwendete, fand, daß die Wahrscheinlichkeit der Existenz dieser Acceleration, wie sie aus den Beobachtungen folgte, so groß sey, daß man mehrere Tausende gegen Eins für das Daseyn derselben wetten könnte. Durch diese Ueberzeugung bewogen, ging er die ganze Theorie des Mondes noch einmal durch und war endlich auch so glücklich, die so lange vergebens gesuchte Ursache jener Erscheinung in der Veränderlichkeit der Excentricität der Erdbahn zu finden, wie dieß bereits oben (I. §. 172) gesagt worden ist.

Wir wissen ferner, daß die Ebbe und Fluth des Weltmeeres eine Folge der Attraktion des Mondes und der Sonne auf die Gewässer der Erde ist. Durch diese Anziehung steigt das Meer in dem Hafen von Brest, selbst in seiner mittleren Höhe, täglich zweimal um 20 Fuß, und in St. Malo, nur 20 Meilen östlich von Brest, sogar um 50 Fuß, der Springfluthen nicht zu erwähnen, die noch viel höher gehen. Im Allgemeinen sind diese Fluthen in den tropischen Meeren am größten, während sie näher an den Polen beinahe ganz verschwinden. Es war zu erwarten, daß diese Wirkung der Sonne und des Mondes ähnliche und vielleicht noch größere Bewegungen in der Atmosphäre erzeuge, die unsere Erde umgibt und die noch viel beweglicher ist, als das Meer. Laplace hat zu diesem Zwecke eine große Menge sorgfältig zu Paris angestellter Barometerbeobachtungen untersucht, aber diejenigen Aenderungen desselben, welche von einer solchen Einwirkung jener beiden Gestirne kommen könnten, so ungemein klein gefunden, im Maximum kaum drei Hunderttheile einer Linie, daß, die Wahrscheinlichkeitsrechnung darauf angewendet, das Daseyn einer solchen atmosphärischen Ebbe und Fluth noch ganz unentschieden bleibt. Unter dem Aequator aber, wo jener Einfluß beträchtlicher ist, würden sich Untersuchungen dieser Art mit größerer Sicherheit anstellen lassen.

Glücklicher war man mit einer anderen, obschon ebenfalls sehr kleinen periodischen Aenderung des Barometers, die von der Temperatur der verschiedenen Tageszeiten abhängt und die ebenfalls in der heißen Zone am merklichsten ist. Man fand nämlich, daß dieses Instrument, der gewöhnlichen Schwankungen ungeachtet, die es wegen der Verschiedenheit des Luftdrucks zeigt, regelmäßig gegen 9 Uhr Morgens und 11 Uhr Abends am höchsten, und wieder um 3 Uhr Abends und 4 Uhr Morgens am tiefsten steht. In den Tropenländern beträgt die Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Stande des Barometers nahe $^{4}/_{10}$ einer Par. Linie. In unseren Breiten aber, wo man sie zuerst entdeckte, sind sie viel kleiner, aber auch hier zeigte unsere neue Analyse, daß man mehrere Tausende gegen Eins wetten könne, daß diese Erscheinung nicht zufällig oder die Folge von Beobachtungsfehlern sey, sondern daß sie aus einer regelmäßigen Ursache entstehen müsse, und dieß war eine hinlängliche Veranlassung, ihrem Grunde weiter nachzuforschen.

Wir haben bereits oben (§. 140) einer merkwürdigen Erscheinung unseres Sonnensystes erwähnt, nach welcher alle Planeten und Satelliten desselben sich von West nach Ost, sowohl um die Sonne oder um ihre Hauptplaneten, als auch, in ihrer Rotation, um ihre eigene Axe bewegen, und nach welcher überdieß die Bahnen dieser Himmelskörper beinahe alle in der Nähe des Sonnenäquators liegen. Da man

Digitized by Google

sich davon weiter keine Rechenschaft geben konnte, so hat man sie auf Rechnung des Zufalls gestellt, ohne sich weiter um die Ursache dieser Erscheinungen zu bekümmern. Allein als Laplace die Wahrscheinlichkeitsrechnung auf diesen Gegenstand anwendete, fand er, daß man mehrere Millionen gegen die Einheit wetten kann, daß diese Erscheinung nicht dem blinden Zufalle zuzuschreiben sey. Diese sehr große Wahrscheinlichkeit bewog ihn, die eigentliche Ursache dieses Phänomens aufzusuchen; und auf diesem Wege war es, daß er zu der schönen und sinnreichen Erklärung von dem Ursprunge unseres Planetensystems gelangte, die wir oben (§. 150) auseinander gesetzt haben.

Auf diese Weise ist die neue Analyse nicht nur ein mächtiges Mittel in der Hand des Geometers geworden, sich von den bisher unvermeidlichen Beobachtungsfehlern unabhängig zu machen und den auf sie gegründeten Untersuchungen die letzte Vollendung zu geben, sondern sie hat uns auch bereits, als Veranlassung zu Entdeckungen, die ohne ihre Hülfe vielleicht immer unbekannt geblieben wären, die nützlichsten Dienste geleistet, und Alles berechtiget uns zu der Hoffnung, daß der Nutzen, den wir von ihr für die Zukunft erwarten, noch weit größer seyn werde, wenn es uns einmal gelungen seyn wird, unsere Instrumente und unsere Beobachtungskunst, die wir bisher nur auf die Welt im Großen beschränkt haben, auch auf die Elemente, aus welchen die Körper des Universums bestehen, fortzusetzen, und wenn einmal, unter dem fortdauernden Schutze des Genius der Menschheit, ein neuer Newton unter uns sich erheben sollte, um uns durch seine Entdeckungen, so wie Jener die Gesetze der materiellen Welt, auch die der geistigen zu offenbaren. Sechs Jahrtausende, nach der gewöhnlichen Zeitrechnung, sind vergangen, bis Jener erscheinen konnte, um den ersten Schleier zu lüften, mit welchem die Natur ihre Geheimnisse vor den Augen der Sterblichen verbarg: andere Jahrtausende werden vielleicht erfordert, um auch diesen zweiten, dichteren Schleier zu heben. Aber die ohne Zweifel sehr großen Schwierigkeiten, um dieses jetzt von uns noch zu ferne Ziel zu erreichen, werden die immer vorwärts strebenden Bemühungen der Menschen eben so wenig zurück halten, als es die gewiß auch nicht geringen Hindernisse zu thun vermochten, welche unsere schwächeren und mit weniger Hülfsmitteln ausgerüsteten Vorgänger bei der Entdeckung des Gesetzes der allgemeinen Schwere zu besiegen hatten. Seit dieser großen und für alle Zeiten merkwürdigen Epoche hat man gefunden, daß dieses Gesetz nicht nur die Bewegung der himmlischen Körper, selbst in ihren scheinbaren Ausnahmen, mit einer bewunderungswürdigen Genauigkeit darstellt, sondern man ist auch bereits, wenn gleich nicht zu dem Beweise, doch zu der sehr gegründeten und durch zahlreiche Beobachtungen bestätigten Vermuthung gelangt, daß dasselbe Gesetz, unter zweckgemäßen Modifikationen, auch die Anordnung der kleinsten, die Körper konstituirenden Theilchen und die regelmäßige Bildung der Krystalle in sich schließt. Könnten nicht auch die Bewegungen der Nerven thierischer Körper denselben oder doch ähnlichen Gesetzen der Dynamik unterliegen? Könnte nicht auch dieselbe allgemeine Kraft, welche die Ursache des Zusammenhangs und der Bewegung der Körper ist, welche das Wachsthum und die Gährung derselben bestimmt, könnte sie nicht auch jene inneren Bewegungen und Veränderungen ihrer feinsten Theile bestimmen, und so gleichsam die dreifache uns umgebende Welt einen einzigen, gemeinschaftlichen Ursprung haben? — Die Bewegungen, welche die Nervenvibrationen dem Muskelsysteme, und durch dasselbe den äußeren, fremden Körpern mittheilen, dürfen vielleicht als bloße Entwicklungen feine-

Digitized by Google

rer elastischer Federn betrachtet werden, bei welchen, nach dem bekannten Grundsatze der Mechanik, der gemeinschaftliche Schwerpunkt unseres eigenen und der bewegten fremden Körper immer unbeweglich bleibt. Diese Vibrationen scheinen sich, ohne Störung oder Verwirrung, eine über die Fläche der anderen hin zu verbreiten, ganz so, wie wir dieselbe Erscheinung auch bei den Wellen auf der Oberfläche unserer Gewässer und selbst bei unserer durch den Schall bewegten Atmosphäre bemerken, und sie theilen sich den Umstehenden auf dieselbe Art mit, wie sich die Schwingungen gleichgestimmter Saiten oder die eines tönenden Körpers den ihn umgebenden Gegenständen mittheilen. — Wie es aber auch mit diesen jetzt noch geheimnißvollen und im tiefen Dunkel liegenden Gegenständen und mit ihrer Beleuchtung in einer wahrscheinlich noch sehr fernen Zukunft sich verhalten mag: uns genüge es, diese Zukunft wenigstens geahndet, und uns der Wahrheit, die wir vielleicht nie erreichen werden, mit unseren schwachen Kräften wenigstens wieder einige Schritte genähert zu haben.

Digitized by Google

Digitized by Google

Anhang.

Verzeichniß

der

vorzüglichsten astronomischen Kunstwörter

mit ihren Erklärungen *).

Abendweite. Entfernung des Orts, wo der Stern untergeht, von dem wahren Westpunkte des Horizonts.

Aberration oder **Abirrung des Lichts.** Eine eigene Veränderung des scheinbaren Orts aller Gestirne, die von der Geschwindigkeit des Lichts, verbunden mit der Geschwindigkeit der Erde, kömmt. Vermöge der Aberration sehen wir alle Gestirne etwas weiter auf diejenige Seite hin verrückt, nach welcher eben die Erde, in ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne, geht. Bei der Sonne selbst beträgt diese Verrückung 20 Sekunden. M. s. S. 106 — 120.

Abplattung. Die Erde ist keine vollkommene Kugel, sondern sie ist an ihren beiden Polen etwas eingedrückt oder abgeplattet, so daß sie gleichsam die Gestalt einer Pomeranze hat. Diese Abplattung beträgt $^1/_{300}$ ihres Halbmessers oder 2.8 geographische Meilen, so daß also der Polardurchmesser der Erde nahe 5.6 Meilen kleiner ist, als der Aequatorialdurchmesser derselben ist, welcher letzte nahe 1719 geographische Meilen beträgt. Auch alle übrigen Planeten unseres Sonnensystems, so weit wir sie näher kennen, sind an ihren Polen abgeplattet, am meisten Jupiter, bei dem sie $^1/_{14}$ seines Halbmessers oder 675 Meilen beträgt.

Abweichung, siehe Declination.

Abweichungskreis, siehe Declinationskreis.

Aequator oder **Gleicher** ist derjenige größte Kreis der Erde oder eines Planeten, der in allen seinen Punkten gleich weit von den beiden Polen derselben absteht. Er ist unter allen Parallelkreisen (s. d. Art.) der größte. Er theilt die Erde in die nördliche und südliche Hälfte. M. s. S. 13.

Aequatorial, ein astronomisches Instrument, dessen Fernrohr dem Weg der Gestirne, auf die es gestellt ist, folgt, daher es zu den Beobachtungen derselben sehr bequem ist. M. s. S. 730.

Aequatorhöhe, der Winkel des Aequators mit dem Horizonte, für jeden gegebenen Ort der Erde. Die Aequatorhöhe eines Orts ist immer gleich

*) Umständlichere Erläuterungen dieser Ausdrücke findet man in dem Werke selbst durch die in dem nachfolgenden, alphabetischen Inhalts-Verzeichnisse angegebenen Citate für dieselben Ausdrücke.

Digitized by Google

90 Grade weniger der Polhöhe, oder was dasselbe ist, gleich 90 Grade weniger der geographischen Breite dieses Ortes. M. s. S. 14.

Aequinoctialpunkte oder Aequinoctien oder Nachtgleichen, sind die zwei Punkte, in welchen sich der Aequator und die Ecliptik am Himmel schneiden. Der eine heißt das Frühlingsäquinoctium oder der Frühlingspunkt, und der andere, ihm um hundert und achtzig Grade entgegengesetzte, das Herbstäquinoctium. In jenem erscheint uns die Sonne im Anfange unseres Frühlings am 21. März, in diesem im Anfange des Herbstes am 22. September, an welchen beiden Tagen, auf der ganzen Erde, Tag und Nacht von gleicher Länge sind, daher jene Benennungen. Mitten zwischen diesen beiden Punkten sind die Solstitien, wo die Sonne am höchsten über dem Aequator im Sommer, und am tiefsten unter dem Aequator im Winter steht. M. s. S. 16.

Anomalie eines Planeten ist der Winkel, welchen sein Radius Vector (seine Entfernung von der Sonne) mit der großen Axe seiner elliptischen Bahn bildet. Ist der Planet in seinem Perihel (s. d. Art.), so ist seine Anomalie Null, und im Gegentheile gleich 180 Grade, wenn der Planet in seinem Aphel (s. d. Art.) ist. M. s. S. 174.

Antipoden oder Gegenfüßler, die Bewohner derjenigen Gegenden auf der Oberfläche der Erde, die uns gerade gegenüberstehen. Die Bewohner der beiden Endpunkte desselben Durchmessers der Erde sind Antipoden. M. s. S. 57.

Aphelium oder Sonnenferne, derjenige Punkt einer Planetenbahn, der von der Sonne am weitesten entfernt ist, welche letzte immer in einem der beiden Brennpunkte (s. d. Art.) der elliptischen Bahn steht.

Apsiden, die zwei Endpunkte der großen Axe einer Planetenbahn oder diejenigen zwei Punkte der Bahn, von welchem der eine (das Perihel) am nächsten bei, und der andere (das Aphel) am weitesten von der Sonne entfernt ist.

Argument der Breite eines Planeten ist sein Abstand von dem aufsteigenden Knoten (s. d. Art.) der Bahn, diesen Abstand aus der Sonne gesehen, oder ist der Winkel seines Radius Vector (s. d. Art.) mit der Knotenlinie der Bahn. Von diesem Winkel hängt die Breite des Planeten ab. Daher die Benennung desselben. M. s. S. 156.

Astroladium, ein astronomisches Instrument der Alten, das jetzt nur noch von den sogenannten Feldmessern gebraucht wird. M. s. S. 660.

Atmosphäre, die unsere Erde rings umgebende Luft. Auch die Planeten sind mit Atmosphären umgeben.

Aufgang, die Zeit, wann ein Gestirn auf der Ostseite des Horizonts sichtbar zu werden anfängt.

Aufsteigung, gerade, s. Rectascension.

Axe, der Kreise. Eine gerade Linie, die durch den Mittelpunkt eines Kreises, senkrecht auf seine Fläche geht, ist die Axe dieses Kreises. Ist dieser Kreis auf einer Kugel verzeichnet, so heißen die beiden Punkte, wo die Axe des Kreises die Kugelfläche des Kreises schneiden, die Pole. So sind die beiden Weltpole (s. d. Art.) sowohl die Pole des Aequators als auch die aller Parallelkreise. — Axe der Erde oder Erdaxe ist also derjenige Durchmesser der Erde, der durch die beiden Erdpole geht oder der senkrecht auf dem Aequator steht. Verlängert trifft diese Axe den Himmel in den beiden Weltpolen. — Große Axe der Planetenbahnen ist die größte Gerade, welche man in dieser elliptischen Bahn ziehen kann. Sie geht durch den Mittelpunkt und durch die beiden Brennpunkte der Ellipse. Eine andere Gerade, die durch den Mittelpunkt der Ellipse, senkrecht auf die große Axe derselben geht, heißt die kleine Axe der Ellipse.

Azimut eines Sterns ist der Winkel, welchen der Höhenkreis des Sterns mit dem Meridian (s. d. Art.) bildet, oder es ist derjenige Bogen des Horizonts, der zwischen dem Meridian und dem Höhenkreis des Sterns enthalten ist. Man zählt das Azimut von Süd gegen West bis 360 Grade. M. s. S. 14.

Bahnen der Planeten sind die Wege, welche die Planeten in ihrem Laufe um die Sonne beschreiben. Diese Wege sind krumme Linien und zwar Ellipsen (s. d. Art.).

Brechung des Lichts. Wenn das Licht durch einen durchsichtigen Körper geht, so verläßt es denselben in einer anderen Richtung, als in der, in welcher es eingetreten ist. Der Winkel der beiden Richtungen heißt die

Digitized by Google

Brechung des Lichts. Das Nähere hierüber s. m. S. 255, 259 u. s. f. Die Brechung des Lichts der Gestirne in unserer Atmosphäre ist die Ursache der Refraction (s. d. Art.).

Breite der Gestirne ist der senkrechte Winkelabstand der Gestirne von der Ecliptik, also die kürzeste Entfernung derselben von der Ecliptik. Sie ist nördlich oder südlich, wenn das Gestirn über oder unter der Ecliptik steht. Die Breite der Sonne ist immer gleich Null, weil die Sonne immer in der Ecliptik (s. d. Art.) ist. — **Breitenkreis** eines Gestirns ist derjenige größte Kreis des Himmels, der durch das Gestirn und durch den Pol der Ecliptik geht. Der Breitenkreis steht daher immer senkrecht auf der Ecliptik, und die **Breite** des Gestirns ist derjenige Bogen des Breitenkreises, der zwischen der Ecliptik und dem Gestirn enthalten ist.

Brennpunkte der Ellipse, sind zwei Punkte der großen Axe der Ellipse, welche die Eigenschaft haben, daß die Summe ihrer beiden Abstände, von irgend einem Punkte des Umfangs der Ellipse, immer gleich der großen Axe derselben ist. M. s. S. 169.

Centralkraft wird diejenige Kraft genannt, die in irgend einem festen Punkte (Centrum) ihren Sitz hat. So sagt man, die Planeten werden von einer Centralkraft um die Sonne getrieben, weil man voraussetzt, daß die Ursache dieser Bewegung ihren Sitz im Mittelpunkte der Sonne hat.

Centrifugalkraft. Wenn ein Körper schnell im Kreise gedreht wird, so sucht er sich bekanntlich von dem Mittelpunkte dieses Kreises zu entfernen. Der Stein spannt z. B. das Band der Schleuder, und zwar desto mehr, je schneller diese gedreht wird. (S. 42.) Da diese Körper immer in der Richtung der Tangente ihrer Bahn sich von dem Mittelpunkte des Kreises zu entfernen suchen, so heißt diese Kraft auch **Tangential-** oder **Wurfkraft.**

Circummeridian-Höhen sind solche Höhen der Sterne, die man in der Nähe des Meridians gemessen hat. Man bedient sich ihrer vorzugsweise zu Bestimmungen der geographischen Breite.

Circumpolarsterne sind diejenigen Sterne, die zunächst bei dem uns sichtbaren Pol des Aequators stehen, und die daher für uns weder auf- noch untergehen. Der Polarstern (s. d. Art.) ist der vorzüglichste unter ihnen.

Coluren sind die zwei Declinationskreise, von welchen der eine durch die Aequinoctien geht, während der andere auf dem ersten senkrecht steht. Jener heißt der Colur der Nachtgleichen und dieser der Colur der Solstitien (s. d. Art.). Jener schneidet die Ecliptik in den beiden Aequinoctien, und dieser in denjenigen beiden Punkten, die von dem Aequator, nördlich und südlich, am meisten abstehen, welche beide letzten Punkte auch die **Solstitial-** oder **Wendepunkte der Ecliptik** genannt werden.

Commutation eines Planeten ist der Winkel, unter welchem aus der Sonne seine Entfernung von der Erde gesehen wird. Ist dieser Winkel gleich Null, so ist der Planet mit der Sonne in Opposition, und ist dieser Winkel gleich 180 Graden, so ist der Planet mit der Sonne in Conjunction. M. s. S. 151.

Conjunction. Ein Planet ist mit der Sonne in Conjunction, wenn er von der Erde bei der Sonne gesehen wird, oder genauer, wenn seine Länge (s. d. Art.) gleich der Länge der Sonne ist.

Correspondirende Höhen sind gleich große Höhen eines Gestirns, die man zu beiden Seiten des Meridians, in Ost und West, beobachtet hat. Man braucht sie vorzugsweise bei der Sonne zur Zeitbestimmung. M. s. S. 665.

Culmination. Ein Gestirn ist in seiner Culmination, wenn es am höchsten über dem Horizonte steht, oder, was dasselbe ist, wenn es durch den Meridian (s. d. Art.) geht. Die Sonne culminirt daher im Augenblicke des wahren Mittags.

Dämmerung, die schwache Beleuchtung der Erde, die vor dem Aufgange oder nach dem Untergange der Sonne statt hat. Ihre Ursache ist der Reflex der Sonnenstrahlen von den oberen Schichten der Atmosphäre. M. s. S. 229.

Declination oder Abweichung eines Gestirns ist der senkrechte Winkelabstand desselben von dem Aequator, oder der kürzeste Abstand desselben von dem Aequator. Sie ist nördlich oder südlich, wenn der Stern über oder unter dem Aequator ist. Ebenso nennt man Poldistanz eines Sterns die Entfernung desselben von dem Nordpol des Aequators, so daß also Declination und Poldistanz eines Sterns sich immer zu 90 Graden ergänzen.

Declinationskreis heißt derjenige größte Kreis des Himmels, der durch das

Digitized by Google

Gestirn und den Pol des Aequators geht. Der Declinationskreis steht also immer senkrecht auf dem Aequator, und die Declination eines Gestirns ist derjenige Theil des Declinationskreises, der zwischen dem Gestirn und dem Aequator enthalten ist. Der Declinationskreis wird auch Abweichungskreis oder Stundenkreis genannt.

Digression oder Ausweichung ist die von der Erde gesehene Winkeldistanz eines Planeten von der Sonne. M. s. Elongation.

Directe Bewegung eines Gestirns ist eine Bewegung, die von West gegen Ost gerichtet ist. Eine von Ost gegen West gerichtete Bewegung heißt retrograd oder rückgängig.

Distanz oder **Abstand**. Dieses Wort hat eine doppelte Bedeutung. Zuerst bezeichnet es den Abstand zweier Körper in einer geraden Linie gemessen, wie z. B. die Distanz zweier Thürme oder Berge, in Meilen gemessen. In diesem Sinne wird es aber in der Astronomie nur selten gebraucht. Gewöhnlicher ist die zweite, wo es den **Winkel** bezeichnet, welchen die zwei Gegenstände in dem Auge des Beobachters oder von irgend einem Punkte aus gesehen, mit einander bilden. So ist zur Zeit des Neumonds die Distanz der Sonne von dem Monde, aus der Erde gesehen, gleich Null, obschon ihre geradlinige Entfernung über 20 Millionen Meilen beträgt. In den beiden Vierteln aber ist die Distanz dieser beiden Gestirne gleich 90 Graden, und zur Zeit des Vollmonds endlich, wo Sonne und Mond sich genau gegenüber stehen, ist ihre Distanz gleich 180 Graden. Ebenso nennt man die Distanz eines Gestirns von einer Ebene den senkrechten (oder kürzesten) Winkelabstand des Gestirns von dieser Ebene. M. s. die Artikel: Breite, Declination, Höhe u. s. w.

Doppelsterne, zwei sehr nahe bei einander stehende Fixsterne. Sie zeichnen sich durch mehrere merkwürdige Eigenschaften aus, von denen man die vorzüglichsten S. 459 u. ff. aufgezeichnet findet.

Drachenmonat ist die Umlaufszeit des Monds in Beziehung auf seine **Knoten** (s. d. Art.). Er beträgt 27 Tage 5 St. 5,6 M.

Durchgang oder **Vorübergang**. Wenn Merkur oder Venus, von der Erde gesehen, auf der Sonnenscheibe erscheint, also zwischen Sonne und Erde steht, so nennt man dieß einen Durchgang. Diese Erscheinungen sind vorzüglich nützlich zur Bestimmung der Entfernung der Sonne von der Erde. M. s. S. 289 und 304.

Ecliptik oder **Sonnenbahn** ist der Weg, den die Sonne jährlich am Himmel zu beschreiben scheint und den eigentlich die Erde beschreibt. Wenn man die Ebene dieser elliptischen Erdbahn nach allen Seiten erweitert, so schneidet sie die Himmelssphäre in einen größten Kreis, der ebenfalls die Ecliptik genannt wird. Die Ebene dieses Kreises ist gegen die Ebene des Aequators unter dem Winkel von 23° 28′ geneigt, und dieser Winkel heißt die **Schiefe der Ecliptik**. Beide Ebenen schneiden einander in zwei entgegen gesetzten Punkten, welche die Aequinoctialpunkte genannt werden, während die zwei Punkte der Ecliptik, die am höchsten über und am tiefsten unter dem Aequator stehen, die Solstitial- oder Wendepunkte heißen. Von diesen vier Punkten sind je zwei nächste um 90 Grade von einander entfernt.

Elemente der Planetenbahnen. So nennt man diejenigen Eigenschaften dieser Bahnen, wodurch sie sich von einander wesentlich unterscheiden. Ihrer sind im allgemeinen fünf: 1. die Länge der großen Axe der elliptischen Bahn, 2. die Lage dieser Axe im Weltraum, 3. die Excentricität der Bahn, 4. die Neigung der Ebene der Bahn gegen die Ebene der Ecliptik und 5. die Durchschnittslinie dieser beiden Ebenen oder die Knotenlinie. Dazu pflegt man noch als 6. Element die **Epoche** zu zählen, d. h. den Ort in der Bahn, welchen der Planet zu einer bestimmten Zeit einnimmt. M. s. S. 175.

Ellipse, eine krumme Linie von eiförmiger Gestalt, welche die Eigenschaft hat, daß die Summe der Entfernungen eines jeden Punktes ihres Umfangs von zwei inneren festen Punkten (den Brennpunkten der Ellipse) immer dieselbe Größe hat. Eine nähere Beschreibung s. m. S. 168.

Elongation oder Digression (Ausweichung) ist die von der Erde gesehene Winkeldistanz eines Planeten von der Sonne. Dieser Winkel ist gleich der Länge der Sonne weniger der geocentrischen (von der Erde gesehenen) Länge des Planeten. M. s. S. 151.

Epicykel. Wenn der Mittelpunkt eines Kreises sich auf der Peripherie eines

Digitized by Google

andern festen Kreises bewegt, so nennt man den ersten oder den beweglichen Kreis einen Epicykel. Die Alten bedienten sich der Epicykel, um dadurch die verwickelten Bewegungen der Planeten, so gut es ging, darzustellen. M. s. S. 143.

Epoche. Der Ort eines Planeten in seiner Bahn, für irgend eine gegebene Zeit, heißt die Epoche dieses Planeten. Gewöhnlich wählt man dazu den Anfang irgend eines Jahres. So ist z. B. die Länge der Venus für den Augenblick des mittleren Mittags in Wien, für den 1sten Januar des Jahrs 1836 gleich 332 Grade, und diese Zahl ist daher die Epoche der Venus für das Jahr 1836.

Erdweite ist die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde, gleich 20 658 000 Meilen, wofür man in runder Zahl 20 Millionen zu nehmen pflegt.

Evection ist eine der großen Störungsgleichungen des Mondes, die durch die Einwirkung der Sonne erzeugt wird. M. s. S. 211 und 584.

Excentricität. Die Entfernung der zwei festen Brennpunkte jeder Ellipse (s. d. Art.) nennt man die doppelte Excentricität. In der Mitte zwischen diesen beiden Punkten ist der Mittelpunkt der Ellipse. Also ist auch die Excentricität gleich der Entfernung des Mittelpunkts der Ellipse von einem ihrer beiden Brennpunkte. Gewöhnlich wird dabei in der Astronomie die halbe große Axe der Ellipse (s. d. Art.) gleich der Einheit angenommen. So ist für die elliptische Erdbahn die Excentricität derselben gleich 0.017, wenn die halbe große Axe derselben gleich eins ist. Will man die Excentricität in Meilen ausdrücken, so erhält man dafür 351186 Meilen, da die halbe große Axe der Erdbahn 20 658 000 Meilen beträgt.

Frühlingspunkt, m. s. Aequinoctialpunkt.

Geocentrischer Ort eines Planeten ist der Ort des Planeten am Himmel, wie er von der Erde gesehen wird, im Gegensatze mit dem heliocentrischen oder von der Sonne gesehenen Orte. Die geocentrische Länge, Breite u. s. f. eines Planeten ist daher die von der Erde gesehene Länge, Breite u. s. f.

Gerade Aufsteigung, s. Rectascension.

Gleichung der Bahn. Man sehe zuerst den Artikel Anomalie und bemerke dann, daß die Astronomen bei jedem Planeten sich noch einen sogenannten mittleren Planeten (s. d. Art.) denken, dessen sie sich zur Vereinfachung ihrer Rechnungen bedienen. Der Unterschied zwischen der Anomalie des wahren und der Anomalie dieses, bloß eingebildeten, mittleren Planeten, heißt die Gleichung der Bahn. Diese Gleichung der Bahn ist also auch der Unterschied zwischen der heliocentrischen (von der Sonne gesehenen) Länge des wahren und des mittleren Planeten, oder endlich, diese Gleichung ist der Winkel, welchen die Radii Vectores (s. d. Art.) des wahren und des mittleren Planeten in dem Mittelpunkte der Sonne bilden. M. s. S. 174.

Gnomon, eine auf dem Horizonte senkrechte Säule, durch deren Schatten die Alten die Höhe der Sonne gemessen haben. M. s. S. 67 und 656.

Gravitation oder allgemeine Schwere. Nach Newton's Entdeckung ziehen sich alle Körper gegenseitig an im Verhältniß ihrer Masse und verkehrt wie das Quadrat ihrer Entfernung. Wenn z. B. die Sonne jetzt die Erde mit der Kraft 1 anzieht, so würde sie die Erde, wenn diese 2, 3, 4mal weiter entfernt wäre, nur mehr mit der Kraft $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ anziehen: oder auch, wenn die Erde zwar immer in derselben Entfernung bliebe, die Sonne aber an Masse 2, 3, 4mal größer wäre, so würde die Attraction der Sonne auf die Erde auch 2, 3, 4mal größer seyn. Diese Attraction (Anziehung) aller Körper gegen einander heißt Gravitation.

Größe der Himmelskörper. Man versteht darunter den Durchmesser dieser Körper, und zwar entweder in Meilen, oder, als Winkel, in Graden und Minuten ausgedrückt. So ist die Größe oder der wahre Durchmesser des Mondes 932 geogr. Meilen, der Winkel aber, unter welchem wir diesen Durchmesser sehen, oder der scheinbare Durchmesser des Monds, beträgt 1° 54′ 2″. Wenn von Größe oder Durchmesser der Himmelskörper die Rede ist, so versteht man darunter meistens diesen Winkel, unter welchem man den wahren Durchmesser derselben sieht.

Heliocentrischer Ort der Planeten ist der von der Sonne aus gesehene Ort derselben am Himmel, im Gegensatze mit dem geocentrischen (von der Erde gesehenen) Orte derselben. Daher auch „heliocentrische Länge, Breite" gleichbedeutend mit: „von der Sonne gesehene Länge, Breite u. s. f."

Digitized by Google

Hemisphäre oder Halbkugel, die Hälfte einer Kugel.

Herbstpunkt, s. Aequinoctialpunkt.

Höhe eines Gestirns ist der Winkel, unter welchem uns ein Gestirn über unserem Horizonte erscheint. Bei seinem Auf- oder Untergange steht es im Horizonte oder seine Höhe ist Null. Wenn es in unserem Zenithe (über unserm Scheitel) steht, so ist seine Höhe gleich 90 Graden. Man muß daher dieses Wort in der Astronomie nie in der Bedeutung nehmen, in welcher es im gewöhnlichen Leben genommen zu werden pflegt, wo z. B. die Höhe eines Thurms der geradelinige Abstand seiner Spitze vom Boden in Klaftern ausgedrückt ist, während es in der Astronomie immer einen Winkel bezeichnet. Vergl. den Artikel Distanz.

Höhenkreis oder Verticalkreis oder auch Scheitelkreis eines Sterns ist derjenige größte Kreis, der durch den Stern senkrecht auf den Horizont des Beobachters, also auch durch das Zenith (s. d. Art.) des Beobachters geht. Der Bogen dieses Kreises, der zwischen dem Stern und dem Horizonte enthalten ist, heißt die Höhe des Sterns (s. d. Art.).

Horizont ist derjenige größte Kreis des Himmels, dessen Peripherie in allen ihren Punkten um 90 Grade von dem Zenith oder Nadir (s. d. Art.) des Beobachters entfernt ist. Seine Ebene ist gleichsam die Tangente der Erde in dem Punkte, den der Beobachter einnimmt. Diese Ebene trennt die uns sichtbare Hälfte des Himmels von der unteren, unsichtbaren. Die Oberfläche des stillstehenden Wassers ist seiner Natur nach immer horizontal, so wie ein an einem Faden frei herabhängendes Gewicht den Faden immer in eine verticale (d. h. auf den Horizont senkrechte) Richtung bringt.

Hyperbel, eine krumme Linie, die eine der sogenannten drei Kegelschnitte ist (s. d. Art.). Eine nähere Beschreibung derselben s. m. S. 570.

Jährliche Gleichung. Eine der größeren Störungsgleichungen des Monds, die durch die Einwirkung der Sonne erzeugt wird. M. s. S. 211 und 586.

Isothermische Linien sind diejenigen krummen Linien, die man auf der Oberfläche der Erde gezogen hat, um dadurch alle diejenigen Punkte zu verbinden, welche dieselbe mittlere Temperatur (s. d. Art.) haben. M. s. S. 129.

Kegelschnitte. Wenn man einen Kegel in einer bestimmten Richtung mit einer Ebene durchschneidet, so wird der Durchschnitt beider im Allgemeinen durch eine krumme Linie begränzt seyn, die man Kegelschnitt nennt. Je nach der Lage der schneidenden Ebene gegen die Axe des Kegels, wird diese krumme Linie eine andere Gestalt annehmen. Man unterscheidet von diesen Gestalten besonders drei: die Ellipse, Parabel und Hyperbel (s. d. Art.). Näheres über diesen Gegenstand s. S. 569.

Klima. Unter diesem Ausdrucke versteht man in der Astronomie und mathematischen Geographie eine dem Erdäquator parallele Zone auf der Oberfläche der Erde, die man entweder nach der Temperatur dieser Zone (heiße, kalte, gemäßigte Zone S. 125), oder gewöhnlicher nach der Dauer des längsten Tags, in diesen Gegenden der Erde, einzutheilen pflegt. Näheres darüber s. S. 127.

Knoten und Knotenlinie. Die gerade Linie, in welcher die Ebene einer Planetenbahn die Ebene der Ecliptik schneidet, heißt die Knotenlinie der Planetenbahn, und diese Linie, zu beiden Seiten verlängert, bezeichnet am Himmel die beiden Knoten der Planetenbahn und zwar den aufsteigenden Knoten ☊, wenn der Planet nach seinem Durchgange durch diesen Knoten sich über die Ecliptik oder gegen Nord erhebt, während der andere, von dem er gegen Süd geht, der niedersteigende Knoten ☋ heißt. In der alten Kalendersprache heißt bei der Mondsbahn der aufsteigende Knoten der Drachenkopf, und der niedersteigende der Drachenschwanz.

Kreis, größter, einer Kugel. So heißt jeder Kreis auf der Oberfläche einer Kugel, dessen Mittelpunkt mit dem der Kugel zusammenfällt. Alle andere Kreise, deren Mittelpunkte außer dem Kugelmittelpunkte liegen, sind kleinere und zwar desto kleiner, je weiter ihr Mittelpunkt von jenem der Kugel entfernt ist. Denkt man sich einen größten Kreis der Kugel und mehrere ihm parallele über und unter ihm, so ist der durch die Mittelpunkte aller dieser Kreise gehende Durchmesser der Kugel die Axe (s. d. Art) aller dieser Parallelkreise, und die beiden Endpunkte dieses Durchmessers heißen die beiden Pole aller dieser Parallelkreise.

Kreismikrometer ist ein kleiner Kreis oder Ring, den man im Brennpunkte

Digitized by Google

eines Fernrohrs senkrecht auf die Axe dieses Rohrs anbringt, um damit die Orte der Himmelskörper gegen einander zu bestimmen. M. s. S. 745.

Länge der Sterne. M. s. zuvor den Art.: Breitenkreis. — Länge eines Sterns ist die Entfernung seines Breitenkreises von dem Frühlingspunkte, von West gegen Ost bis 360 Graden gezählt. Die Länge eines Sterns ist also auch der Bogen der Ecliptik, der zwischen dem Frühlingspunkte (s. d. Art.) und dem Breitenkreise des Sterns enthalten ist. Man kann kurz sagen: Länge eines Sterns ist dessen östliche Entfernung vom Frühlingspunkt, auf der Ecliptik gezählt.

Länge, geographische, eines Beobachters, ist die Entfernung seines Meridians (s. d. Art.) von dem als ersten angenommenen Meridian. Gewöhnlich nimmt man bei uns den Meridian durch die Insel Ferro als den ersten an. Die Länge einer Stadt ist daher der Winkel, den ihr Meridian mit dem von Ferro macht. Man zählt diesen Winkel von West gegen Ost bis 360 oder auch zuweilen nur bis 180 gegen Ost und auf der anderen Seite wieder bis 180 gegen West, wo dann jene die östliche und diese die westliche Länge heißt. So hat, nach der ersten Art sich auszudrücken, Mexico die Länge 278° 35′ und nach der zweiten Art die westliche Länge 81° 25′ von Ferro.

Mauerquadrant, ein astronomisches Instrument, das in dem vierten Theile eines Kreises besteht, der an einer in der Ebene des Meridians erbauten Mauer befestiget wird. Näheres S. 670.

Meridian oder Mittagskreis ist derjenige größte Kreis des Himmels, der durch die Weltpole (Pole des Aequators) und durch das Zenith (Scheitelpunkt) des Beobachters geht. Die Ebene dieses Kreises steht demnach senkrecht auf dem Aequator sowohl, als auch auf dem Horizont. Sie geht durch den höchsten und tiefsten Punkt des Aequators und durch den Süd- und Nordpunkt des Horizonts. Wenn die Gestirne, in ihrem täglichen Laufe um die Erde, in den Meridian treten, so stehen sie am höchsten über dem Horizont, oder sie sind in ihrer Culmination (s. d. Art.). Wenn die Sonne durch den Meridian geht, so bezeichnet sie dadurch den Augenblick des Mittags des Beobachtungsorts. Der Meridian ist demnach auch ein Declinations- oder Stundenkreis, und zwar derjenige, dessen Stundenwinkel (s. d. Art.) gleich Null oder gleich 180° ist.

Meridiankreis, eines der vorzüglichsten neuen Instrumente, das aus einem ganzen Kreise mit einem Fernrohre besteht, welches letzte in der Ebene des Meridians (s. d. Art.) sich auf und ab bewegt. M. s. S. 709.

Mikrometer, jede Vorrichtung an einem Fernrohre, mit welchem man kleinere Winkel mit Schärfe messen kann, wie z. B. das Schraubenmikrometer (S. 742), das Rautenmikrometer (S. 745), das Kreismikrometer (ebendas.) u. s.

Milchstraße, ein lichter Streifen, der nahe, in der Richtung eines größten Kreises, den ganzen Himmel umzieht und dessen lichtere Farbe von der Gedrängtheit der in ihm stehenden Fixsterne entsteht. M. s. S. 453.

Mittag, s. Süd.

Mittagslinie, ist der Durchschnitt der Ebene des Meridians mit der des Horizonts (s. d. Art.). Diese Linie gibt daher die Richtung von Süd nach Nord. Der Schatten einer verticalen Stange im Augenblicke des wahren Mittags (wo die Sonne durch den Meridian geht) gibt auf einer horizontalen Ebene die Richtung der Mittagslinie.

Mittagsrohr oder Passagen-Instrument. Ein Fernrohr, welches sich, auf einer horizontalen Axe, in der Ebene des Meridians (s. d. Art.) auf und ab bewegt. Eines der vorzüglichsten Instrumente der neueren Astronomie. Man sehe darüber S. 686.

Mittlerer Planet. Die Planeten bewegen sich in ihren elliptischen Bahnen um die Sonne ungleichförmig oder mit veränderlichen Geschwindigkeiten. Allein ihren ganzen Umlauf um die Sonne vollenden sie demungeachtet immer in derselben Zwischenzeit. Die Astronomen haben daher für jeden wahren Planeten noch einen anderen bloß imaginären angenommen, der mit dem wahren dieselbe Umlaufszeit hat, aber sich dafür gleichförmig oder immer mit derselben Geschwindigkeit um die Sonne bewegt, so daß er mit dem wahren Planeten immer zu gleicher Zeit durch die große Axe (s. d. Art.) der Bahn oder durch das Perihelium und Aphelium dieser Bahn geht. Diesen imaginären Planeten nennt man den mittleren Planeten, und man bedient sich seiner zur Erleichterung der astronomischen Berechnungen. (Vergl.

Digitized by Google

S. 174.) Man findet die constante tägliche Bewegung des mittleren Planeten, wenn man 360 Grade durch die Umlaufszeit des wahren Planeten dividirt. Mars z. B. hat die Umlaufszeit von 686.9297 Tagen, also ist die tägliche Bewegung seines mittleren Planeten gleich 0.524 Grade oder gleich 0° 31′ 26.4″. Weiß man nun, in welchem Augenblicke beide Planeten zugleich durch ihr Perihelium gingen, so weiß man auch, daß der mittlere Planet am Ende des 1. 2. 3. Tages nach jenem Augenblick 1, 2, 3mal 0,524 Grade von seinem Perihel entfernt ist, d. h. daß die mittlere Anomalie (s. d. Art.) für diese Zeiten 0.524 oder 1°.048 oder 1°.572 u. s. ist. Addirt man aber zu dieser mittleren Anomalie die Gleichung der Bahn (s. d. Art.), so erhält man die wahre Anomalie des Mars, oder man erhält den Ort des wahren Planeten in seiner Bahn. — Diese tägliche Bewegung des mittleren Planeten wird auch öfter die tägliche mittlere Bewegung des wahren Planeten genannt. Auch bei der Sonne hat man eine solche mittlere Sonne, deren tägliche Bewegung 0.986 Grade beträgt, und so wie man den Augenblick des wahren Mittags durch die Culmination der wahren Sonne bestimmt, so sagt man auch, daß der mittlere Mittag statt hat, wenn diese imaginäre mittlere Sonne durch den Meridian geht. Wie es ferner 1, 2, 3 Uhr wahre Zeit ist, wenn die wahre Sonne, im Aequator gezählt, 15, 30, 45 Grade westlich vom Meridian steht, d. h. wenn der Stundenwinkel (s. d. Art.) der wahren Sonne, 15, 30, 45 Grade beträgt, so ist es auch 1, 2, 3 Uhr mittlere Zeit, wenn der Stundenwinkel jener mittleren Sonne 15, 30, 45 Grade ist u. s. w.

Mittlere Entfernung der Planeten von der Sonne ist gleichbedeutend mit der halben großen Axe (s. d. Art.) ihrer Bahn. So ist die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde oder die halbe große Axe der Erdbahn gleich 20 658 000 geogr. Meilen. Gewöhnlich nimmt man diese halbe Axe der Erdbahn als die Einheit aller anderen astronomischen Messungen an. So beträgt die mittlere Entfernung Jupiters (s. S. 187) 5.20116, d. h. also 5.20116 Halbmesser der Erdbahn oder über 107 Millionen Meilen.

Morgenweite eines Sterns, Entfernung des Orts, wo der Stern aufgeht, von dem Ostpunkte (s. d. Art.) des Horizonts.

Multiplicationskreis, eines der Instrumente der neueren Astronomie, dessen Beschreibung und Gebrauch s. S. 721.

Nachtbogen eines Gestirns, derjenige Theil seines Parallelkreises (s. d. Art.), der unter dem Horizonte des Beobachters liegt, und in welchem ihr daher der Stern unsichtbar ist. Zur Zeit der Aequinoctien ist der Nacht- und Tagbogen der Sonne gleich groß, weil zu dieser Zeit in der That Tag und Nacht gleiche Dauer haben. Für die Circumpolarsterne (s. d. Art.), die nicht untergehen, ist der Nachtbogen gleich Null.

Nachtgleiche, s. Aequinoctium.

Nadir oder Fußpunkt des Beobachters ist derjenige unsichtbare Punkt des Himmels, der senkrecht unter dem Beobachter steht und daher dem Zenith oder Scheitelpunkte gerade entgegen gesetzt ist. Nadir ist für den Beobachter der tiefste Punkt des Himmels, sowie Zenith der höchste Punkt desselben ist.

Nebel. Nebelsterne. Nebst den bekannten Fixsternen gibt es am Himmel noch Stellen, die sich durch ein mattes Licht auszeichnen und ihren Ort am Himmel so wie ihre Gestalt ebenso unveränderlich beibehalten, wie die Fixsterne. Diese Stellen werden Nebel genannt. Oft sieht man auch eigentliche Fixsterne von solchen Nebeln, gleich einer Atmosphäre, umgeben, die dann Nebelsterne heißen. M. s. 486 u. ff.

Neigung nennt man den Winkel zweier Ebenen gegen einander. So ist die Ecliptik gegen den Aequator um 23° 28′ geneigt, und die Neigung der Merkursbahn gegen die Ecliptik beträgt nahe 7 Grade. M. s. S. 176.

Nonius, s. Vernier.

Nord oder Nordpunkt oder Mitternacht, derjenige Punkt des Horizonts, wo er von dem Meridian oder von der Mittagslinie auf der Seite geschnitten wird, wo der Polarstern uns erscheint. Er ist dem Südpunkte (s. d. Art.) entgegengesetzt.

Nutation, eine kleine Bewegung der Erdaxe oder, was dasselbe ist, der Weltpole am Himmel, die vorzüglich durch den Mond erzeugt wird. Durch die Nutation wird der Aequator gegen die feste Ecliptik verrückt, wodurch der Frühlingspunkt sowohl, als auch die Schiefe der Ecliptik (s. d. Art.) etwas

Digitized by Google

verändert werden. Allein diese Veränderungen betragen nur 17 Sekunden bei dem Frühlingspunkt und 9 Sekunden bei der Schiefe, und sie stellen sich überdieß in einer Periode von 19 Jahren wieder her. M. s. S. 234.

Obere Planeten. So heißen diejenigen, deren mittlere Entfernung (s. d. Art.) größer ist, als die der Erde von der Sonne. So ist Mars und Jupiter ein oberer Planet, Merkur und Venus aber sind die beiden unteren.

Opposition oder Gegenschein. Ein Planet ist in Opposition, wenn er, von der Erde gesehen, der Sonne gerade gegenüber steht oder wenn die Länge der Sonne und des Planeten um 180 Grade verschieden ist. Zur Zeit der Opposition culminirt der Planet um Mitternacht, zur Zeit der Conjunction (s. d. Art.) aber um Mittag.

Ost oder Ostpunkt, Morgenpunkt. Dieser Punkt des Horizonts steht in der Mitte zwischen Süd und Nord auf der Seite des Horizonts, wo die Gestirne aufgehen.

Parabel, eine krumme Linie, die zu den drei Kegelschnitten gehört. Ihre nähere Erklärung s. S. 570.

Parallaxe ist der Unterschied der beiden Winkel, unter welchen man einen Punkt aus den beiden Endpunkten einer geraden Linie sieht, oder es ist derjenige Winkel, unter welchem ein Auge in jenem Punkte diese, gerade Linie sehen würde. Gewöhnlich nimmt man für diese Linie den Halbmesser der Erde an, in dem der Beobachter steht. Dann wird also die Parallaxe eines Gestirns am größten seyn, wenn dieser Erdhalbmesser auf unserer Gesichtslinie nach dem Stern senkrecht, d. h. wenn das Gestirn in unserem Horizonte ist: man nennt dieß die Horizontalparallaxe des Gestirns. Je höher das Gestirn über den Horizont tritt, desto kleiner wird die Höhenparallaxe desselben, und wenn das Gestirn im Zenith ist, so ist seine Höhenparallaxe gleich Null, weil nämlich dann der Halbmesser der Erde einem Auge in dem Gestirn nur als ein Punkt erscheinen würde. Wegen der Parallaxe sehen wir also die Gestirne an ganz anderen Punkten des Himmels, als wir sie von dem Mittelpunkte der Erde aus sehen würden. Daß diese Parallaxe nicht bloß auf die Höhe, sondern auch auf die Länge, Breite u. s. f. der Gestirne Einfluß haben muß, ist für sich klar, so wie, daß sie immer kleiner wird, je größer die Entfernung des Gestirns von der Erde ist. Schon für die Sonne, deren Distanz von der Erde über zwanzig Millionen Meilen beträgt, erscheint der Halbmesser der Erde, der nur 860 Meilen ist, so gering, daß die Horizontalparallaxe der Sonne, als ihr größter Werth, nur mehr 8.6 Sekunden beträgt. Für die ungleich weiter entfernten Fixsterne wird endlich diese Parallaxe oder der Winkel, unter dem der Erdhalbmesser von dem Fixsterne gesehen wird, unendlich klein, daher man hier den Versuch gemacht hat, durch Beobachtungen zu bestimmen, ob wenigstens der Halbmesser der Erdbahn aus dem Fixsterne gesehen, noch unter einem merklichen Winkel erscheint. Man nennt diesen Winkel die jährliche Parallaxe der Sterne, so wie man, zum Unterschiede mit dieser, die vorhergehende die tägliche Parallaxe nennen könnte. Man fand aber, daß selbst die jährliche Parallaxe der Fixsterne noch viel zu klein ist, um durch unsere Instrumente gemessen zu werden; daß man endlich, wenn die Parallaxe eines Gestirns bekannt ist, daraus die Entfernung desselben von der Erde messen könne, ist oben (m. s. S. 88 und 97) gezeigt worden.

Parallelkreis eines Gestirns ist ein dem Aequator paralleler Kreis und zwar derjenige, in welchem das Gestirn seine tägliche scheinbare Bahn um die Erde zurücklegt. Der uns sichtbare oder über dem Horizonte liegende Theil des Parallelkreises heißt der Tagbogen, und der andere der Nachtbogen des Gestirns. Die Parallelkreise sind alle kleinere Kreise der Kugel, außer dem Aequator, der ein größter Kreis ist. (S. d. Art. Kreis.)

Passagen-Instrument, s. Mittagsrohr.

Perihelium oder Sonnennähe ist der der Sonne nächste Punkt einer Planetenbahn, wie Aphelium (s. d. Art.) der von der Sonne am meisten entfernte Punkt der Bahn ist.

Periodische Revolution, s. Tropische Revolution.

Perturbation oder Störung eines Planeten. Die elliptische Bewegung der Planeten ist eine Wirkung der Attraction der Sonne. Allein auch die übrigen Planeten wirken durch ihre Attraction auf jeden einzelnen Planeten, wenn gleich in viel geringerem Maaße und bringen dadurch kleine Aende-

Digitized by Google

rungen in der reinen elliptischen Bewegung jedes Planeten hervor, die man die Perturbationen desselben nennt. Dieselben sind zweierlei Art, die periodischen, welche nur auf den Ort des Planeten in seiner Bahn Einfluß haben und nach bestimmten Perioden wiederkehren, und die säculären, welche auf die Elemente (s. d. Art.) der Bahn wirken. (M. s. 582 und 588.)

Planetensystem oder Weltsystem. Man hat in verschiedenen Zeiten die Planeten unter sich und in Beziehung auf die Sonne auf verschiedene Weise zu stellen gesucht. Eine solche Stellung nennt man Planetensystem. So haben wir das Ptolemäische System (S. 139), das Aegyptische (S. 140), das Copernicanische (S. 147) und das Tychonische System (S. 162). Von diesen ist das Copernicanische allgemein als das wahre anerkannt.

Planetentafeln sind eigene Verzeichnisse, durch welche man für jede gegebene Zeit den Ort eines mittleren, und aus ihm den Ort des wahren Planeten (s. d. Art. Mittl. Planet) auf eine die Rechnung sehr erleichternde Weise finden kann. Ein Specimen solcher Tafeln, in ihrer einfachsten Gestalt, findet man oben (S. 179).

Pol eines Kreises auf der Kugel, s. Kreis.

Polarkreis ist derjenige Parallelkreis (s. d. Art.) des Himmels oder auch der Erde, der 66° 32′ von dem Aequator, also 23° 28′ von dem Pole des Aequators entfernt ist. Der über dem Aequator stehende Parallelkreis heißt der nördliche und der andere der südliche. Die Bewohner der Erde, welche zwischen dem Parallelkreis und dem Pole leben, sehen die Sonne einen oder mehrere Tage im Jahre nicht auf- und ebenso nicht untergehen.

Polarstern ist unter den größern Sternen des Himmels derjenige, welcher dem Nordpole des Aequators zunächst steht. Man findet ihn leicht am Himmel, da er mit den beiden Hinterrädern des sogenannten Wagens (des Sternbilds des großen Bären) nahe in einer geraden Linie steht. Er ist für die astronomischen Beobachtungen sehr wichtig. Er war aber nicht immer dem Pole so nahe, als jetzt, und wird sich auch später wieder von ihm entfernen. M. s. 233.

Poldistanz eines Sterns ist gleich 90 Graden weniger der Declination (s. d. Art.) dieses Sterns; für Sterne unter dem Aequator ist sie gleich 90 Graden mehr der Declination. Poldistanz ist also die Entfernung eines Sterns von dem Nordpole des Aequators, in dem Declinationskreise (s. d. Art.) des Sterns gemessen.

Polhöhe oder geographische Breite eines Orts auf der Oberfläche der Erde ist die Höhe (s. d. Art.), unter welcher dem Beobachter in diesem Orte der Nordpol des Aequators über dem Horizonte erscheint, oder auch, ist der senkrechte Winkelabstand des Beobachters von dem irdischen Aequator. Für einen Beobachter im Aequator ist die Polhöhe oder Breite gleich Null, und für die Bewohner des Pols ist sie gleich 90 Graden. Je größer die Polhöhe, desto weiter ist der Beobachter von dem Aequator entfernt.

Präcession oder Vorrücken der Nachtgleichen. Der Frühlingspunkt (s. d. Art. Aequinoctium) geht jährlich auf der festen Ekliptik nahe 50 Sekunden rückwärts oder von Ost gegen West, daher die Länge der Sterne (s. d. Art.) jährlich um eben diese Größe zunimmt. Diese Verrückung des Frühlingspunkts heißt die Präcession. M. s. S. 231.

Quadrant, ein astronomisches Instrument, bestimmt, die Höhe der Gestirne zu messen. Es besteht aus dem vierten Theile eines Kreises, daher seine Benennung. Näheres darüber S. 63 und 668.

Radius Vector des Planeten, ist die Entfernung des Planeten von dem Mittelpunkte der Sonne, der immer in dem einen der beiden Brennpunkte der elliptischen Planetenbahn ist.

Rectascension oder Gerade Aufsteigung eines Sterns. Man sehe zuvor den Artikel: Declinationskreis. — Rectascension ist die Entfernung des Declinationskreises eines Gestirns von dem Frühlingspunkte von West gegen Ost in der Ebene des Aequators bis 360° gezählt. Oder auch: Rectascension eines Sterns ist der Winkel seines Declinationskreises mit dem Colur (s. d. Art.) der Aequinoctien. Man kann daher auch kurz sagen: Rectascension eines Sterns ist die östliche Entfernung desselben vom Frühlingspunkt, im Aequator gezählt, so wie Länge (s. d. Art.) eines Sterns die östliche Entfernung desselben vom Frühlingspunkt, in der Ekliptik gezählt, ist. Durch Rectascension und Declination wird der Ort eines Sterns an der

Digitized by Google

Himmelsfläche ebenso vollständig bestimmt, wie durch Länge und Breite. (S. d. Art.)

Refraction oder Strahlenbrechung ist die Ablenkung des Lichtstrahls, der während dem Durchgange desselben durch unsere Atmosphäre, durch die Anziehung derselben bewirkt wird. (S. 224.) Diese Ablenkung hat immer nur in dem Verticalkreise (s. d. Art.) des Sterns statt und seine Höhe wird dadurch vergrößert, so daß wir alle Sterne, wegen der Refraction, zu hoch sehen. Für einen Stern im Horizont beträgt die Refraction bis 38 Minuten, für größere Höhen wird sie immer kleiner und für Sterne im Zenith (s. d. Art.) verschwindet sie völlig.

Retrograde oder rückgängige Bewegung heißt jede Bewegung der Himmelskörper, wenn sie von Ost nach West gerichtet ist, während die von West nach Ost gerichtete Bewegung eine directe heißt. Die Planeten haben bald diese bald jene Bewegung. M. s. S. 132 und 148.

Revolution oder Umlaufszeit eines Planeten ist die Zeit, während welcher er seine ganze Bahn oder seinen ganzen Umlauf um irgend einen Punkt vollendet, also volle 360° in Beziehung auf diesen Punkt zurücklegt. Man unterscheidet: siderische Revolution in Beziehung auf die Fixsterne; tropische oder periodische in Beziehung auf den Frühlingspunkt; synodische in Beziehung auf die Sonne; anomalistische in Beziehung auf Anomalie (s. d. Art.).

Rotation eines Planeten ist die Zeit, während welcher er sich in seiner täglichen Bewegung ganz um seine Axe dreht. Bei der Erde beträgt diese Rotationszeit einen Sterntag (s. d. Art.) oder 23 Stunden 56 Minuten 4 Sekunden mittlere Zeit; bei der Venus 23 Stunden 21 Minuten; bei Jupiter 9 Stunden 56 Minuten unserer mittleren Zeit u. s. f.

Säculäre Aenderungen heißen alle diejenigen, die entweder ohne Ende in derselben Richtung fortgehen, wie die Präcession der Nachtgleichen (s. d. Art.), oder die doch mehrere, oft viele Jahrhunderte dieselbe Richtung beibehalten, wie z. B. die Aenderungen der Knoten, der Neigungen, der Excentricitäten, der Planetenbahnen u. s. w. So nimmt z. B. die Excentricität der Erdbahn seit dem Jahre 11400 vor Chr. G. bis auf die gegenwärtige Zeit immer ab und wird auch ferner noch abnehmen bis zu dem Jahre 36900 nach Chr. G. (S. 595), daher dieß eine säculäre Abnahme heißt. Im Gegensatze mit diesen Aenderungen stehen die sogenannten periodischen Störungen, die oft nur eine Zeit nach einer und dann eben so weit wieder nach der anderen Richtung fortgehen, gleich einem Pendel, welches den Hin- und Hergang seiner Schwingungen in einer kurzen Zeit und in einem nur geringen Raum abwechselnd vollendet. Eine solche periodische Aenderung ist z. B. die Nutation (s. d. Art.), deren Zeitraum nur 19 Jahre dauert.

Satelliten oder Trabanten der Planeten sind die Monde, welche einige unserer Planeten begleiten. So ist unser Mond der Satellit der Erde: so hat Jupiter vier, Saturn sieben Satelliten u. s. f.

Scheitelpunkt s. Zenith.

Scheitelkreis oder Verticalkreis s. Höhenkreis.

Schiefe der Ecliptik ist der Winkel, unter welchem die Bahn der Ecliptik gegen den Aequator geneigt ist. Er beträgt jetzt nahe 23° 28′ und ist schon seit sehr langer Zeit im Abnehmen begriffen.

Schwere s. Gravitation.

Sextant, ein astronomisches Instrument, das besonders zu Beobachtungen auf der See geeignet ist. Die nähere Beschreibung desselben s. S. 738.

Siderische Revolution eines Planeten ist die Umlaufszeit desselben um die Sonne in Beziehung auf einen festen Punkt des Himmels, z. B. auf einen Fixstern. Wenn man heute einen Planeten bei einem Fixstern des Himmels erblickt und wenn er nach 1000 Tagen wieder zu demselben Fixstern zurückkömmt, so beträgt die siderische Revolution des Planeten 1000 Tage.

Solstitium oder Sonnenwende. So heißen die zwei Punkte der Ecliptik, die am meisten von dem Aequator entfernt sind. Der am höchsten über dem Aequator oder nördlich steht, heißt das Sommersolstitium, und der tiefste unter ihr das Wintersolstitium, weil wir dort die Sonne im Anfange unseres Sommers (am 21. Junius) und hier im Anfange des Winters (am 21. Dezember) erblicken.

Digitized by Google

Sonnenferne, s. Aphelium.

Sonnennähe, s. Perihelium.

Sonnenparallaxe ist die Hälfte des Winkels, unter welchem ein Auge im Mittelpunkte der Sonne den Durchmesser unserer Erde sieht. Dieser Winkel beträgt 8.6 Sekunden. M. s. den Artikel Parallaxe.

Sonnentag ist die Zeit von einer Culmination der Sonne, oder von einem Mittag zum nächstfolgenden. Versteht man dabei die wahre Sonne, so erhält man den wahren Sonnentag; versteht man aber dabei die mittlere Sonne (s. d. Art. Mittlerer Planet), so erhält man den mittleren Sonnentag. Im Gegensatze ist Sterntag die Zeit zwischen zwei nächsten Culminationen eines Fixsterns, z. B. des Frühlingspunkts. Alle diese Tage werden übrigens, nach dem astronomischen Gebrauche, in Stunden, Minuten und Sekunden der mittleren Zeit ausgedrückt (s. d. Art. mittlerer Planet).

Sonnenwende, s. Solstitium.

Sonnenzeit ist der Stundenwinkel (s. d. Art.) der Sonne. Wird damit die wahre oder die mittlere Sonne (s. d. Art. Mittlerer Planet) gemeint, so erhält man wahre oder mittlere Sonnenzeit. Ist die wahre oder die mittlere Sonne im Meridian, so ist es eben wahrer oder mittlerer Mittag, das heißt 0 Uhr wahre oder mittlere Zeit; hat die wahre oder mittlere Sonne, in Beziehung auf den Aequator, seit dem Mittage, einen Bogen von 15, 30, 45 Graden zurückgelegt, so ist es 1, 2, 3 Uhr wahre oder mittlere Zeit u. s. w.

Sterntag, s. Sonnentag.

Sternzeit ist der Stundenwinkel (s. d. Art.) des Frühlingspunkts. Ist der Frühlingspunkt im Meridian, so ist es 0 Uhr Sternzeit, und ist er, im Aequator gezählt, 15, 30, 45 Grade westlich vom Meridian, so ist es 1, 2, 3 Uhr Sternzeit. Wie man Sternzeit in mittlere Zeit und umgekehrt verwandelt s. m. S. 201.

Störungen der Planeten, s. Perturbationen.

Strahlenbrechung, s. Refraction.

Stundenkreis, s. Declinationskreis.

Süd oder Mittag ist derjenige Punkt des Horizonts, wo derselbe von dem Meridian (s. d. Art.) auf der Seite geschnitten wird, auf welcher wir die Sonne im Mittag erblicken. Der ihm gegenüberstehende Punkt des Horizonts heißt Nord (s. d. Art.).

Synodische Revolution eines Planeten ist die Umlaufszeit eines Planeten in Beziehung auf die Sonne. Wenn z. B. heute Jupiter bei der Sonne, also in Conjunction (s. d. Art.) gesehen wird, und wenn 499 Tage verfließen, bis er wieder mit der Sonne zusammenkömmt, so beträgt die synodische Revolution Jupiters 499 Tage (S. 186.). Bei dem Monde ist daher die synodische Revolution (oder, wie man hier zu sagen pflegt, der synodische Monat) die Zeit von einem Neumond zum anderen, oder auch von einem Vollmond zum anderen, und diese Zeit beträgt 29 Tage 12 St. 44 Min. M. s. S. 398.

Tagbogen eines Gestirns ist derjenige Theil des Parallelkreises (s. d. Art.) des Gestirns, der über unserem Horizonte liegt, und in welchem uns daher das Gestirn sichtbar ist, während es in dem anderen, unter dem Horizonte liegenden Theile, dem Nachtbogen, unsichtbar ist.

Temperatur, mittlere, eines Orts. Wenn man durch mehrere Jahre täglich den Thermometerstand seines Wohnortes beobachtet, und dann die Summe aller so erhaltenen Zahlen durch die Anzahl der sämmtlichen Beobachtungen dividirt, so erhält man die mittlere Temperatur dieses Ortes. M. s. S. 129.

Theodolit, ein Instrument zum geodätischen und astronomischen Gebrauche, dessen Beschreibung S. 727.

Thierkreis, s. Zodiacus.

Tropicus oder Wendekreis. Diejenigen zwei Parallelkreise des Aequators, welche von dem Aequator, zu beiden Seiten desselben, um 23° 28′, also um die Schiefe der Ecliptik (s. d. Art.) abstehen. Der obere oder nördliche heißt der Wendekreis des Krebses und der untere oder südliche der Wendekreis des Steinbocks. Auf der Erde schließen diese beiden Wendekreise die heiße Zone (s. d. Art.) ein. Die Sonne berührt auf ihrem jährlichen Laufe den nördlichen Wendekreis im Anfange unseres Sommers, und den südlichen im Anfange des Winters, und über sie hinaus geht sie nicht, indem sie um diese Berührungspunkte ihren Weg wieder rückwärts macht oder gleichsam wendet, daher die Benennung.

Digitized by Google

Tropische oder periodische Revolution eines Planeten ist die Umlaufszeit eines Planeten in Beziehung auf den Frühlingspunkt (s. d. Art. Aequinoctium). Da das Aequinoctium, wegen der Präcession (s. d. Art.) selbst beweglich ist, so ist die trop. Revolution von der sideriſchen (s. d. Art.) verſchieden, und dieſe sideriſche ist allein die wahre Umlaufszeit um die Sonne, weil sie sich auf einen feſten Punkt bezieht, daher auch der Planet während seiner sideriſchen Revolution in der That volle 360 Grade um die Sonne zurücklegt. Für die Sonne oder, was daſſelbe ist, für die Erde, beträgt die sideriſche Revolution 365.25638 mittlere Sonnentage, die tropiſche aber nur 365.24225 oder 365 Tage 5 St. 48 M. 50.4 Sek. solcher Tage, und dieſes letzte ist zugleich das, was wir unſer bürgerliches Jahr zu nennen pflegen.

Umlaufszeit, s. Revolution.

Untere Planeten. So heißen die zwei Planeten Merkur und Venus, deren Bahnen kleiner sind als die Erdbahn, und die daher von der Erdbahn eingeſchloſſen werden, während die übrigen Planeten, deren Bahnen die Erdbahn einſchließen, die oberen genannt werden. Auch die Conjunctionen (s. d. Art.) der unteren Planeten sind zweierlei Art: die obere Conjunction derſelben hat statt, wenn die Sonne in gerader Linie zwiſchen dem Planeten und der Erde steht, und die untere, wenn der Planet in gerader Linie zwiſchen Sonne und Erde steht.

Untergang eines Geſtirns ist der Augenblick, in welchem es, nachdem es eine Zeit durch über dem Horizonte ſichtbar geweſen war, auf der Weſtſeite deſſelben durch den Horizont geht, und anfängt, unſichtbar zu werden.

Variation ist eine der großen Störungsgleichungen des Monds, die von der Einwirkung der Sonne verurſacht wird. M. ſ. S. 211 u. 585.

Vernier oder Nonius ist eine ſinnreiche Vorrichtung, um dadurch sehr kleine Theile einer geraden oder krummen Linie zu meſſen. M. ſ. S. 741.

Verticalkreis, s. Höhenkreis.

Vorrücken der Nachtgleichen, s. Präceſſion.

Wahre Zeit oder wahre Sonnenzeit ist der Stundenwinkel (s. d. Art.) der wahren, am Himmel ſichtbaren Sonne. Wenn der Mittelpunkt dieſer Sonne durch den Meridian geht oder culminirt, so ist dieß der Augenblick des wahren Mittags, und wenn dieſer Mittelpunkt, im Aequator gezählt, 15, 30, 45 Grade weſtlich von dem Meridian steht, so ist es 1, 2, 3 Uhr wahre Zeit. Die Sonnenuhren zeigen, wenn ſie richtig conſtruirt ſind, dieſe wahre Zeit an.

Weltaxe ist die Axe (s. d. Art.) des Aequators oder diejenige gerade Linie, die durch den Mittelpunkt der Erde, ſenkrecht auf den Aequator geht. Dieſe Axe geht alſo auch durch die beiden Pole des Aequators, den Nordpol und den Südpol deſſelben. Um dieſe Axe dreht ſich die Erde in ihren täglichen Bewegungen von Weſt gegen Oſt, oder um ſie ſcheint ſich der ganze Himmel mit ſeinen Geſtirnen täglich von Oſt gegen Weſt zu drehen. Dieſe Axe endlich ist gegen den Horizont des Beobachters immer um einen Winkel geneigt, welcher der Polhöhe (s. d. Art.) oder der geographiſchen Breite dieſes Ortes gleich ist.

Weltpole ſind die zwei Punkte des Himmels, in welcher die verlängerte Weltaxe (s. d. Art.) die Himmelsfläche trifft. Der obere uns ſichtbare heißt der Nordpol und der andere unſichtbare der Südpol.

Weltſyſtem, s. Planetenſyſtem.

Wendekreis, s. Tropicus.

Weſt oder Weſtpunkt, Abendpunkt. Dieſer Punkt des Horizonts steht in der Mitte zwiſchen Süd und Nord auf der Seite des Horizonts, wo die Geſtirne untergehen.

Widderpunkt, gleichbedeutend mit Frühlingspunkt, s. d. Art. Aequinoctium.

Winterſolſtitium oder Winter-Sonnenwende, s. Solſtitium.

Zeichen der Planeten ſind eigene Figuren, mit welchen man die Planeten bezeichnet, z. B. Merkur durch ☿, Venus durch ♀ u. ſ. f. (S. 295.) — **Zeichen des Thierkreiſes.** Der Thierkreis (s. d. Art. Zodiacus) wird, als ein Kreis von 360 Graden, in zwölf gleiche Theile eingetheilt, die man Zeichen nennt. Jedes ſolcher Zeichen hat daher 30 Grade. Ihre Namen und Figuren (die S. 80 angegeben ſind) haben ſie von den Sternbildern, die

Digitized by Google

in ihnen früher enthalten waren, jetzt aber, wegen der Präceſſion, ſchon außer ihnen ſtehen. Näheres darüber S. 232.

Zeitgleichung iſt diejenige Zahl, welche man an jedem Tage des Jahres zu der wahren Zeit addiren muß, um die mittlere Zeit (ſ. d. Art.) zu erhalten. Näheres über dieſen Gegenſtand ſ. m. S. 199.

Zenith oder Scheitelpunkt, der Punkt des Himmels, der ſenkrecht über dem Beobachter oder in dem Scheitel deſſelben ſteht, der höchſte Punkt des Himmels in Beziehung auf den Horizont. Wenn man von dem Mittelpunkte der Erde eine gerade Linie nach dem Beobachter zieht, ſo trifft dieſe Gerade, zu beiden Seiten verlängert, den Himmel, über dem Beobachter im Zenith, und unter demſelben im Nadir des Beobachters.

Zenithdiſtanz eines Sterns iſt die Entfernung deſſelben vom Zenith, in dem Höhenkreiſe (ſ. d. Art.) des Sterns gemeſſen. Die Zenithdiſtanz iſt alſo immer gleich 90 Graden, weniger der Höhe (ſ. d. Art.) des Sterns. Iſt der Stern im Zenith, ſo iſt ſeine Zenithdiſtanz Null, und iſt er im Horizont, ſo iſt ſeine Zenithdiſtanz gleich 90 Graden.

Zodiacus oder Thierkreis iſt eine der Ecliptik parallele Zone des Himmels, die ſich zu beiden Seiten der Ecliptik bis auf 10 Grade von ihr entfernt. In dieſer Zone halten ſich die ſämmtlichen älteren Planeten ſammt der Sonne auf, welche letzte immer die Mitte derſelben einnimmt. Sie wird in 12 gleiche Theile, die man Zeichen (ſ. d. Art.) nennt, eingetheilt, worüber man S. 80 und 232 nachſehen kann.

Zodiacallicht, ein der Milchſtraße ähnliches Licht, das in der Geſtalt eines doppelten Kegels erſcheint, deren gemeinſchaftliche Grundfläche die Sonne iſt und deren Axen in der Ecliptik liegen. Die nähere Beſchaffenheit dieſes Lichtes iſt noch unbekannt. M. ſ. S. 606.

Zonen ſind dem Aequator parallele Streifen auf der Oberfläche der Erde, die von den beiden Polar- und Wendekreiſen (ſ. d. Art.) begränzt werden. Der von den beiden Wendekreiſen eingeſchloſſene Streifen heißt die heiße Zone. Die zwei, zwiſchen den Wende- und Polar-Kreiſen jeder Hemiſphäre enthaltenen Streifen bilden die zwei gemäßigten Zonen und zwar die nördliche und ſüdliche; die noch übrigen von den beiden Polarkreiſen umſchloſſenen Theile der Oberfläche der Erde endlich bilden die beiden kalten Zonen der Erde. M. ſ. S. 125.

Digitized by Google

Alphabetisches Inhaltsverzeichniß.

(Die beigefügten Ziffern beziehen sich immer auf die Seitenzahl. Die erste Abtheilung begreift die S. 1—248; die zweite die S. 249—510; und die dritte S. 511—789.)

Aberration der Fixsterne S. 106. Ist nicht aus der Parallaxe zu erklären 107. Differenz der Wirkungen der Aberration und der Parallaxe 108. Ellipse der Aberration 109. Winkel der Aberration 109. Zusammenhang mit der Geschwindigkeit des Lichts 111. Ursache der Aberration 117. Wirkung derselben auf den scheinbaren Ort der Sterne 118.
Abplattung der Erde 43. Verschiedene Werthe derselben 50. Bestimmung derselben durch den Mond 587.
Abweichung siehe Declination.
Abweichungskreis siehe Declinationskreis.
Aegyptisches Planetensystem 140.
Aequator 13.
Aequatorial S. 730 ff. Beschreibung desselben 730 u. ff. Vortheile für den Beobachter 732. Rectifikation 734 u. ff.
Aequatorhöhe 14.
Aequinoctialpunkte oder Nachtgleichenpunkte 16. Bestimmung derselben durch Beobachtung 71.
Aether; Störungen der Kometen durch denselben 615.
Anomalie der Planeten, mittlere und wahre 174.
Antipoden 57.
Aphelium 170, gleichbedeutend mit Sonnenferne.
Apsiden oder Absiden, gleichbedeutend mit der großen Axe der elliptischen Planetenbahn 191. Bestimmung ihrer Lage 191. Einfluß der Aenderung der Absiden der Erdbahn auf die Jahreszeiten 192.
Araber, Astronomie der 71.
Argument der Breite bei den Planeten 155.
Armillarsphäre 659.
Astrolabium 659.
Atmosphäre der Erde; Höhe und Dichtigkeit derselben 222. Höhe der Atmosphäre 605. Ihre Ebbe und Fluth 612.
Attwood's Maschine 49.
Aufgang der Gestirne 18.
Ausdehnbarkeit der Körper 515.
Axe der Kreise auf der Kugel 10. Axe der Erde. Ihre Lage ist konstant 616. Freie Axe der Rotation 618. Axe, große, der Planetenbahnen ist konstant 620 ff.
Azimut 14.
Bahnen, tägliche der Gestirne in ihrer scheinbaren Bewegung um die Erde 34.
Bedingungsgleichungen und Anwendung derselben 321.
Beobachtungen, Fehler der, 652. Theilungsfehler 654. Aufgabe des Beobachters 656. Zeitbestimmung 661. Beobachtungsfehler der ersten Art, durch

Digitized by Google

Ausführung und Aufstellung der Instrumente veranlaßt, 753. Beobachtungskunst, ihre allmählige Vervollkommnung 755. Beobachtungsfehler der zweiten Art, aus der Beschränktheit unserer sinnlichen Organe hervorgehend 757.
Bewegung überhaupt 518; durch Centralkräfte 568; elliptische, der Himmelskörper 565 u. ff.
Bewohner der Planeten 354. Huygen's Meinung darüber 355. Kircher's Ansichten 357. Fontenelle's Hypothesen 358.
Brechung des Lichts, doppelt 259. Durch Linsen 674.
Breite, der Sterne 16; geographische 16; ist gleichbedeutend mit Polhöhe der Planeten 154.
Capillar-Attraktion 521.
Centralkräfte, Bewegung durch, 568.
Centrifugalkraft, Folge der drehenden Bewegung 42. 45.
Ceres 327.
Chinesen, Astronomie der, 70.
Circumpolarsterne 18.
Collimator beim Meridiankreis 718.
Compressibilität der Körper 515.
Copernicus 83. 146. Unvollkommenheit seines Planetensystems 161.
Copernicanisches Planetensystem 146. Vorzüge desselben 149.
Correspondirende Höhen, zur Zeitbestimmung 663; zur Bestimmung der Rectascension 667.
Cosinus 22.
Culmination der Gestirne 118; obere und untere Culmination 18.
Dämmerung 229.
Dauer des Weltsystems 640.
Declination der Gestirne oder Abweichung derselben 13.
Declinationskreis, gleichbedeutend mit Abweichungskreis oder Stundenkreis 13.
Denderah, Thierkreis zu, 237.
Depression des Horizonts, welchen Theil der Erde man von einer gegebenen Höhe übersieht 28.
Dichte der Körper 47; — der Himmelskörper, wie man sie findet 564; — verschiedener Körper 564; — der Planeten nimmt gegen ihren Mittelpunkt zu 602.
Directe Bewegung der Planeten 76.
Distanz der Gestirne, wie man sie aus der Parallaxe findet 91. Distanz unzugänglicher irdischer Objecte, wie sie gemessen wird 88. Distanzen der Planeten von der Sonne 158. Distanz des Monds von der Erde 158.
Doppelsterne 459. Verschiedene Klassen 460. Ihr Verhältniß zu den einfachen 460. Anzahl derselben 460. Verschiedenheit der Doppelsterne 460. Eigene Bewegung der Fixsterne 461. Frühere Meinungen von ihnen 464. Ihre Vertheilung am Himmel 461. Drei- und mehrfache Sterne 462. Bewegung derselben um einander 462. Bedeckung der Doppelsterne unter einander 463. Wie man ihre Entfernung von uns finden könne 465. Bahnbestimmung der Doppelsterne 465. Elemente der Bahnen der vorzüglichsten Doppelsterne 468. Einige besonders merkwürdige 470. Sie unterliegen dem Gesetz der allgemeinen Schwere 471. Farben der Doppelsterne 472. Erklärungen dieser Farben 473. Doppelsterne, als Prüfungsmittel der Fernröhre 475. Planeten der Doppelsterne 477. Bahnen dieser Planeten 477. Anblick des Himmels von diesen Planeten 479. Geschichte ihrer Entdeckung 480. Bestimmung ihrer Massen 563.
Durchgänge — Merkur's 289. Der Venus 304. Wichtigkeit der Venusdurchgänge zur Bestimmung der Sonnenparallaxe 305. Epochen, wenn sie statt haben 305; früheste Beobachtung dieser Durchgänge 306. Durchgang des Jahrs 1769 307; der Venus, Berechnung derselben 309. Nächstkünftige Durchgänge 310. Wie man daraus die Sonnenparallaxe findet 310. Vorzüge dieser Methode 311. Einfache Darstellung derselben 317.
Ebbe und Fluth 606. Allgemeine Erscheinungen 607. Perioden 607. Ursachen 608. Einfluß der Lokalverhältnisse 608. Hafenetablissement 608. Berechnung dieser Erscheinungen 609. Erklärung derselben 609. Geschichte ihrer Theorie 611. Ebbe und Fluth der Atmosphäre 612.
Ekliptik oder Sonnenbahn 15. Lage derselben am Himmel 61. Erste Bestimmung dieser Lage 61. Genauere Bestimmung derselben 62.

Digitized by Google

Elemente der Planetenbahnen 152, 157, 175.
Ellipse, Eigenschaften der, 168. Ellipse 569, 574.
Elliptische Bewegung der Himmelskörper 565.
Entfernung der Gestirne siehe Distanz.
Epicykel zur Erklärung der zweiten Ungleichheit der Planeten 143. Nähere Bestimmung dieser Epicykel 144. Fehler dieser Hypothese 145.
Epoche der Planeten 152.
Erde. Sie ist keine Ebene und schwebt frei im Himmelsraum 26. Sie hat im Allgemeinen die Gestalt einer Kugel 27, 30. Größe der Erde 29. Folgen ihrer Kugelgestalt 30. Centrifugalkraft ihrer drehenden Bewegung 42. Abplattung 43. Messungen ihrer Gestalt und Größe 44. Sphäroidische Gestalt der Erde 44. Zweifel über diese Gestalt 51. Einwürfe gegen die Rotation derselben 56. Beweise für ihre tägliche Bewegung 33. Beweise für ihre jährliche Bewegung um die Sonne 80. Geschwindigkeit der jährlichen Bewegung der Erde 85. Analogie derselben mit den Planeten 83. Ihre jährliche Bewegung ist eine Folge der täglichen 85. Schiefe Stellung ihrer Axe gegen die Ecliptik, als Ursachen der Jahreszeiten 122. Abplattung derselben 587. Alter der Erde 604. Die Lage ihrer Axe ist unveränderlich 616. Die Zeit ihrer Rotation ist constant 619. Die Erde war anfänglich in einem flüssigen Zustande 604. Centralfeuer der Erde 623. Allmählige Abkühlung derselben 624. Folge derselben 624. Temperatur derselben 625.
Erdglobus, Gebrauch desselben 242 u. ff.
Evection 211.
Excentricität der Planetenbahnen 169. — der Planetenbahnen, wie sie bestimmt wird 189. Aenderungen dieser Excentricität 190. Excentricität der Planetenbahnen 579.
Excentrischer Kreis zur Erklärung der ersten Ungleichheit der Planeten 142. Fehler dieser Erklärung 143.
Fadennetze siehe Netze.
Fall der Körper durch die Schwere 40. Abweichung der fallenden Körper gegen Ost 40. Fallhöhe für verschiedene Polhöhen 49. Freier Fall der Körper 524. Gesetze dieses Falls 524. Anwendung derselben 526. Fall der schiefgeworfenen Körper 567. Fall der Körper auf der Oberfläche des Monds 554.; und der übrigen Planeten 455.
Farben, Ursache der, 114.; des Sonnenlichts 255.; der Doppelsterne 472. Complementäre Farben 472.
Fehler, unvermeidliche, der Beobachtungen 652.
Fernrohr. Entdeckung desselben 671. Einrichtung desselben 677. Allmählige Verbesserungen 679. Anwendung bei Meßinstrumenten 683. Fäden im Brennpunkte des Fernrohrs 684. Rectification dieser Fäden 687.
Finsternisse des Mondes geben einen Beweis für die Kugelgestalt der Erde 32. Finsternisse des Mondes 212.
Finsternisse der Sonne 215. Erscheinungen dabei 384.
Fixsterne, wie man sie kennen lernt 22. Entfernung derselben 97. Jährliche Parallaxe 98. Unsere Unkenntniß derselben und der Entfernung der Fixsterne 99 und 103. Größe derselben 101.; ihre eigene Bewegung 461. Scheinbare Größe derselben 447. Verschiedene scheinbare Größen 448. Veränderungen ihres Lichts 449. Eintheilung in Klassen 449. Messung ihrer Lichtstärke 458. Doppelsterne 459. Anzahl der Fixsterne 451. Sternreiche Gegenden des Himmels 453. Die Anzahl derselben ist unendlich 455. Absolute Größe der Fixsterne 456.
Fluth siehe Ebbe.
Frühlingspunkt 16.
Geocentrischer Ort der Planeten 150, 156.
Geologien, bisher aufgestellte 629. Nach Leibnitz 630. Nach Whiston 631. Nach Buffon 631. Nach Franklin 632. Nach Laplace 636.
Gerade Aufsteigung siehe Rectascension.
Geschwindigkeiten, verschiedene 269.; — der sämmtlichen Planeten 397. Ursprüngliche Geschwindigkeit der Planeten 572. Anwendung auf die Erde 573.; auf Merkur 573.
Gesetze Kepler's, erstes 166, 171.; zweites 169.; drittes 181.
Gewicht der Körper 48.

Gleichung der Bahn der Planeten 174. Berechnung eines elliptischen Ortes der Planeten 177.
Globus. Beschreibung 20. Orientirung 21. Gebrauch desselben 21. Ort der Sonne auf dem Globus 77.
Gnomon, einfachstes Instrument zur Höhenmessung 67, 656. Aelteste Beobachtungen damit 68.
Gravitation, siehe Schwere.
Größe der Gestirne, wie sie durch Beobachtungen bestimmt wird 94. Präcision dieser Bestimmungen 95. — der Himmelskörper 564.
Heliocentrischer Ort der Planeten 150, 156.
Hemisphäre, sichtbare und unsichtbare 12; nördliche und südliche 13; östliche und westliche 14.
Herbstpunkt 16.
Himmelsglobus; Gebrauch desselben 239 u. ff.
Himmelskörper; ihre Bewegung im widerstehenden Mittel 646.
Höhe eines Sterns 18, mit seiner Zenithdistanz.
Höhenkreise, siehe Verticalkreise.
Horizont 12, wahrer und scheinbarer 12.
Huygens 531.
Hyperbel 570.
Jahr, tropisches. Aenderung desselben 596.
Jahreszeiten 120. Jahreszeiten, wenn die Erde eine andere oder keine Rotation hätte 120. Wenn die Schiefe der Ecliptik gleich Null wäre 121. Erklärung derselben 123. Aenderung derselben durch die Aenderung der Apsidenlinie der Erdbahn 192.
Jährliche Gleichung des Monds 586.
Instrumente. Schwierigkeit bei der Verfertigung derselben 652. Stabilität derselben 656. Instrumente der Alten. Gnomon 656. Triquetrum, Astrolabium, Armillen 659. Armillarsphären 660.
Interferenz des Lichts 262.
Isothermische Linien 129.
Juno 326.
Jupiter. Distanz, Revolution, Durchmesser 330. Atmosphäre 332. Flecken und Streifen 332. Rotation 333. Abplattung 333. Jahreszeiten 334. Masse 335. Anblick des Himmels auf Jupiter 337. Bewohner dieses Planeten 338. Große Störung durch Saturn 589.
Kegelschnitte 569.
Kepler. Die drei von ihm entdeckten Gesetze 84, 166, 169, 181. Sein Verfahren bei der Bestimmung der Planetenbahnen 163. Dessen erstes Gesetz 165. Wie er sein zweites Gesetz fand 166, 169. Graphische Bestimmung der Planetenbahnen 134. Drittes Gesetz 168. Zusammenhang der drei von ihm entdeckten Gesetze 183.
Klimate der Alten 126.
Knoten der Planetenbahnen 153.
Körper. Allgemeine Eigenschaften 513.
Kohlensäcke 505.
Kometen 402 u. ff. Anzahl der Kometen 402. Gestalt 404. Kern 404. Nebelhülle 404. Schweif 405. Größe des Schweifs 405. Entstehung und Ausbildung der Kometen 408. Sehr große Kometen 410. Phasen derselben 411. Masse der Kometen 412. Masse des Kerns 413. Komet des Jahres 1770 413. Berechnung ihrer Bahnen 415. Parabolische Bahnen 417. Kometen von bekannter Umlaufszeit 418. Komet von Halley 419. Elemente des Halley'schen Kometen 419. Frühere Erscheinungen desselben 421. Spätere gewisse Erscheinungen desselben 422. Erste 423. Zweite 423. Dritte 424. Vierte 426. Fünfte 427. Komet von Olbers 428. Komet von Encke 428. Komet von Biela 430. Starke Annäherung zur Erdbahn 432, und zu Encke's Kometen 432. Was die Erde von den Kometen zu befürchten hat 433. Gründe gegen diese Besorgnisse 434. Aeltere Meinungen von den Kometen 434. Einfluß auf Witterung 437. Einfluß auf Krankheiten 439. Ueber ihr Zusammentreffen mit weit verbreiteten Epidemien 441. Bewohner der Kometen 445. Ihre geringe Masse 615. Störung derselben durch Planeten 615; durch den Aether 615. Kometen, Urbewohner des Weltsystems 638.
Kraft der Körper auf das Licht 113. Zerlegung der Kräfte 114. Anwendung

Digitized by Google

derselben 116. Kraft der Sonne 185. Kraft als Ursache der Bewegung 519. Augenblicklich und stets wirkende Kraft 523. Allgemeine Betrachtungen darüber 528. Ist das Resultat der Wirkung aller Elemente eines Körpers 553. Centralkraft 568.
Kreis, größter, der Kugel und Eintheilung desselben 10. Eigenschaften derselben 11. Neigung derselben 11. Wie man aus dem Halbmesser desselben den Umkreis und die Oberfläche findet 29.
Kreismikrometer 211.
Krystallisation der Körper 518.
Kugel. Wie man aus dem Halbmesser derselben die Oberfläche und das Volumen derselben findet 29.
Länge der Sterne 16.
Länge der Planeten in der Bahn und in der Ecliptik 154. Reduzirte Länge 155.
Länge, geographische 16.
Längenbestimmung durch Kronometer 747; durch Finsternisse 749; durch Mondsdistanzen 750.
Licht. Messung der Geschwindigkeit desselben 111. Schwingungen, in welche das Licht die Atome der Oberfläche der Körper versetzt 113. Große Kraft der Anziehung dieser Atome 114. Licht, Quelle der Farben 255. Geschwindigkeit und Feinheit des Sonnenlichts 258. Vibrations- und Emanations-Hypothese 258. Polarisation des Lichts 259. Doppelte Brechung 259. Interferenz 262. Erklärung der Interferenz 264.
Linsen, Brechung durch, 674.
Magellan's Flecken 505.
Mars. Entfernung, Umlaufszeit, Größe, scheinbarer Durchmesser 322. Flecken und Rotation 324. Atmosphäre 324. Abplattung 325. Wie ihn Kepler zu seiner Theorie benützte 325.
Mauerquadrant 670.
Masse der Körper 48.
Massen und Dichtigkeiten sämmtlicher Planeten 396.
Masse der Himmelskörper, wie man sie findet, 550. Bestimmung der Masse der Sonne 559, 561. Bestimmung der Masse der Planeten 561. — der Doppelsterne 563. — der Sonne, ist gegen die der Planeten sehr groß 578. Wie die Massen der Planeten durch die Störungen bestimmt werden 600.
Masse des Monds, Bestimmungen derselben durch die Ebbe und Fluth 611.
Merkur. Scheinbare Bewegung 132. Entfernung und Revolution, Größe, Bewegung ꝛc. 283. Masse und Dichte 284. Scheinbarer Durchmesser 285. Temperatur und Beleuchtung 285. Wie man ihn erkennt 286. Hinderniß seiner Sichtbarkeit 286. Seine Lichtphasen 287. Atmosphäre 288. Rotation 288. Jahreszeiten 288. Berge 289. Durchgang durch die Sonnenscheibe 289.
Meridian 13.
Meridiankreis 709. Rectification desselben 713. Gebrauch 714. Bestimmung des Zenithpunktes 715. — des Polpunktes 717. Gebrauch des Collimators 718. Verschiedene Gattungen desselben 719.
Meteorsteine 556.
Mikrometer 742.
Milchstraße 453, 487. Andere sehr entfernte Milchstraßen 454. Gestalt der Milchstraße 487.
Mittag 14.
Mittagslinie 13.
Mittagsrohr 686. Rectification desselben 687. Rectification der Fäden im Fernrohre 687. Der Drehungsaxe 689. Des Azimuts 692. Beobachtungen mit diesem Instrumente 695.
Mittelpunkt der Rotation 603.
Mitternacht 14.
Mittlere Bewegung der Planeten 152.
Mittlere Planeten 173.
Mittlere Sonnenzeit 196. Verwandlung derselben in Sternzeit 200.
Mittlere Zeit 195.
Molecularkräfte 519. Ihre Intensität 522.
Monate, Namen derselben 303.
Mond. Bestimmung seiner Entfernung von der Erde 92. Distanz desselben von der Erde 398. Umlaufszeit 398. Entfernung 204. Phasen 204. Aehnliche

Digitized by Google

Phasen der Erde für den Mond 206. Aschgraues Licht 207. Ob er um seine Axe rotirt 207. Jahreszeiten auf dem Monde 208. Tageszeiten 209. Bewegung seiner Bahn 209. Seculäre Aenderung seiner mittleren Bewegung 210. Sein Zweck ist nicht die Beleuchtung der Erde 211. Verwickelte Bewegungen desselben 211. Drei große Ungleichheiten derselben 211. Verschiedene Namen der Mondsflecken 303. Betrachtungen über eine Reise zu diesem Himmelskörper 363. Warum wir ihn besser kennen, als die andern Himmelskörper 366. Wie die Erde auf dem Mond erscheint 367. Wie der Himmel auf dem Mond erscheint 369. Tags- und Jahreszeiten auf demselben 368. Bewohner der vordern und hintern Seite desselben 370. Berge 371. Messung der Mondsberge 372, 375. Zwei Gattungen dieser Berge 373. Ringgebirge 374. Streifen des Monds 374. Vulkane auf dem Monde 375. Atmosphäre 376. Mangel an Wasser 382. Topographie des Monds 378. Bewohner des Monds 382. Uebersicht seiner Revolutionen, Entfernung, Masse, Größe, Dichte u. s. f. 398. Berechnung seines Falles gegen die Erde 541. Künstliche Monde 555. Mondsbewohner, ihr Verhältniß zur Schwere des Monds 556. Periodische Störungen desselben 583. Säculäre Störungen 591. Acceleration der mittleren Bewegung 593. Seine Revolution und Rotation ist gleich 612. Librationen 612. Säculäre Aenderungen der Rotationen 614. Bestimmung seiner Masse 611. Säculäre Gleichung der mittleren Bewegung 620.
Monde der obern Planeten siehe Satelliten.
Mondsfinsternisse siehe Finsternisse.
Multiplicationskreis 721. Beobachtungen damit 722. Rectification desselben 726.
Nacht, lange, unter den Polen 126.
Nachtbogen eines Gestirns 18.
Nachtgleichen 16.
Nadir 12.
Nebel des Himmels, siehe Sterngruppen.
Neigung und Knoten der Planetenbahnen 153. Neigung und kleine Excentricitäten der Planetenbahnen 579.
Neue oder wieder verschwundene Sterne 484.
Netze als Mikrometer 745.
Newton. Seine Vorgänger 530. Entdeckung der allgemeinen Schwere 532. Inhalt seiner Principien 546.
Nonius, siehe Vernier.
Nord 13.
Nutation 234.
Ortsbestimmung der Sterne, durch Azimut und Höhe gegen den Horizont 15. Durch Rectascension und Declination gegen den Aequator 15. Durch Länge und Breite gegen die Ecliptik 16.
Ost 13.
Ostwinde, beständige 54.
Pallas 327.
Parabel 570.
Parabolische Bewegung der geworfenen Körper 568.
Parallaxe der Gestirne 87. Tägliche Parallaxe 88. Wie man daraus die Entfernung der Gestirne findet 91. Jährliche Parallaxe der Fixsterne 98. Parallaxe der Gestirne. Wie sie durch Beobachtungen bestimmt wird 91. Geschichte derselben 103. Parallaxe der Fixsterne und daraus folgende Entfernung 465.
Parallelkreise 17. Irdische Parallelkreise 17.
Parallelogramm der Kräfte 115, 565. Anwendung desselben 116.
Pendel. Erklärung desselben 51. Sekundenpendel 51. Verschiedene Länge desselben auf der Oberfläche der Erde 53. Messung der Schwere durch Pendel 53.
Perihelium 170, gleichbedeutend mit Sonnennähe.
Perser, Astronomie der, 71.
Perturbationen, allgemeine Betrachtung darüber, 575. Schwierigkeit ihrer Bestimmung 576. Erleichterung derselben 577.
Perturbationen, periodische 582. Des Mondes 582. Evection 584. Variation 585. Jährliche Gleichung 586. Störungen von langen Perioden 586. Bestimmung der Sonnenparallaxe und der Erdabplattung durch diese Störungen 587. Periodische Perturbationen der Planeten 588. Von Jupiter und Saturn 589.

Digitized by Google

Perturbationen, säculäre 583. Des Mondes 591. Der Apsiden des Mondes 592. Der Knotenlinie 594. Der mittleren Bewegung 593. Säculäre Störungen der Planeten 595. Der Knoten und Neigungen 595, 597. Aenderung des tropischen Jahres 596. Störungen der Apsiden 598. Der Excentricität 598. Mittel zur Bestimmung der Massen 600. Der Rotation des Mondes 614.
Planeten, kugelförmige Gestalt derselben 32. Planeten 59. Unregelmäßige Bewegung derselben 83. Aufzählung der Planeten und Satelliten unseres Sonnensystems 131. Mannigfaltige Bewegung derselben 132. Bewegung der untern Planeten 132. Bewegung der obern Planeten 133. Graphische Darstellung ihrer scheinbaren Bewegung 134. Perioden ihrer scheinbaren Bewegungen 135. Synodische Revolution derselben 136. Durchgang der Planeten durch die Ecliptik 136. Siderische Revolution 137. Wie sie bestimmt wird 138. Verzeichniß der siderischen Revolution und Distanz der Planeten 138. Tropische Revolution 152, 159. Doppelte Ungleichheit ihrer Bewegung 141. Erklärung der ersten Ungleichheit 142; und der zweiten 143. Heliocentrischer und geocentrischer Ort 150. Einfachste Theorie derselben 152. Epoche und mittlere Bewegung derselben 153. Neigung und Knoten ihrer Bahnen 153. Länge in der Bahn und in der Ecliptik 154. Breite und Argument der Breite 155. Theorie derselben mit Rücksicht auf ihre Knoten und Neigungen 155. Correction der Bestimmung ihrer Bewegung 157. Elemente der Planeten 154, 157, 175. Distanzen der Planeten 158. Elemente ihrer Bahnen 176. Bestimmung ihrer Umlaufszeiten 158. Mittlere und wahre Planeten 173. Gleichung der Bahn 174. Radius Vector 175. Mittlere und wahre Anomalie 174. Verzeichniß ihrer Revolutionen, Entfernungen, Durchmesser, Oberfläche, Volum und ihrer Geschwindigkeiten 186. Zeichen der Planeten 295. Obere und untere Planeten 322, 331. Zwischenraum von Mars bis Jupiter 326. Vier neue Planeten 327. Bewohner derselben 354. Große Distanzen zwischen den einzelnen Planetenbahnen 362. Große Distanzen derselben unter sich 580 und von der Erde 577. Gestalt der Planeten im Allgemeinen 601.
Planeten, neue. Epochen ihrer Entdeckung 327. Entfernung und Umlaufszeit 138. Entfernung von der Erde und scheinbarer Durchmesser 327. Ursprung dieser Planeten 328. Eigenschaften ihrer Bahnen 328. Große Störungen 329. Ihr helles Licht 329. Ihre Atmosphäre 330.
Planetensystem, graphische Darstellung desselben 134. Ptolemäisches System 139. Aegyptisches System 140. Copernikanisches System 147. Tychonisches System 162. Kepplerisches System 161 u. ff. Uebersicht des ganzen Planetensystems 185.
Planetentafeln. Einrichtung derselben 177. Gebrauch dieser Tafeln 180. Planetentafeln der alten Indier 237. Verbesserung der Planetentafeln 322.
Polarisation des Lichts 259.
Polarkreise 16.
Polarstern, wie man ihn findet 31.
Polarsterne für verschiedene Epochen 233.
Poldistanz der Gestirne 13.
Pole der Kreise auf der Kugel. 11.
Polhöhe gleichbedeutend mit geographischer Breite 14. Wie die Polhöhe durch Declination und Zenithdistanz eines Gestirns gegeben wird 19. Bestimmung der Polhöhe durch Beobachtung 64.
Porosität der Körper 514.
Ptolemäisches Planetensystem 139.
Präcession, Vorrücken der Nachtgleichen 231. Einfluß auf den scheinbaren Ort der Sterne 232. Verrückung der Zeichen des Thierkreises 232. Anwendung auf chronologische Untersuchungen 236.
Quadrant, Beschreibung desselben 63. Bestimmung der Polhöhe und der Declination durch dieses Instrument 64. Quadrant mit zwei Fernröhren 668. Mauerquadrant 670.
Radius Vector der Planeten 169, 174.
Rautenmikrometer 745.
Rectascension oder gerade Aufsteigung eines Sterns 15. Bestimmung einer ersten Rectascension durch Beobachtung 72.
Refraction des Lichts 224. Bestimmung ihrer Größe 225. Horizontal-Refraction 226. Sie verlängert unsere Tage 226. Einfluß der Horizontal-Refraction 228. Terrestrische Refraction 228.

Digitized by Google

Reise um die Welt 31. In der Richtung des Meridians 34.
Retrograde Bewegung der Planeten 132.
Revolution der Planeten. Bestimmung der siderischen und tropischen Revolutionen durch Beobachtungen 159. Vortheile sehr alter Beobachtungen 160.
Ring Saturns, Abmessung und Lage desselben 221. Wie er den frühern Beobachtern erschien 341. Huygens entdeckt seine wahre Gestalt 342. Ausmessungen desselben 343. Neigung und Knoten der Ringebene 344. Ursachen seiner Verschwindung 344. Verschiedene Gestalten des Ringes 345. Berge und Atmosphäre 347. Rotation des Ringes 347. Frühere Zweifel darüber 348. Auflösung derselben 348. Anblick des Rings vom Saturn 349. Vor- und Nachtheile für die Bewohner des Saturns 350.
Rolle. Gebrauch derselben zur Messung der Schwere 48.
Rotation der Erde und anderer Himmelskörper 36.
Satelliten des Jupiter 388. — Des Saturn und des Uranus 220 u. 394. Tafel ihrer Elemente 400, 401.
Satelliten Jupiters lehrten uns die Aberration kennen 111. Umlaufszeit und Entfernung 218. Verhältnisse ihrer Längen und Bewegungen 219. Sie lehrten uns die Geschwindigkeit des Lichts und die Entfernung Jupiters von der Sonne kennen 219. Frühere Namen derselben 303. Geschichte ihrer Entdeckung 394. Tafel ihrer Elemente 399. Entfernungen, Revolution, Durchmesser u. s. f. 218, 388. Wie sie von Jupiter erscheinen 389. Vorübergänge vor der Jupitersscheibe 389. Gleichheit der Revolution und Rotation 389. Verfinsterungen derselben 390. Verfinsterungen Jupiters durch diese Satelliten 392. Theorie dieser Monde 393. Verhältnisse ihrer Längen und Bewegungen 219, 393. Anblick des Himmels von diesen Monden 393.
Saturn. Entfernung, Revolution 339. Größe und Masse 340. Atmosphäre und Streifen 340. Rotation 341. Der Ring Saturns 341. Große Störung durch Jupiter 589.
Schatten der Bewohner der Erde in verschiedenen Zonen 125.
Schiefe der Ekliptik 66. Bestimmung derselben durch Beobachtung 66. Säculäre Abnahme dieser Schiefe 69. Genauere Bestimmung derselben 75. Ursache der Jahreszeiten 123. Erscheinungen, wenn diese Schiefe größer oder kleiner wäre 130.
Schneegränze 129.
Schraubenmikrometer 742.
Schwere. Verschiedenheit derselben auf der Oberfläche der Erde 44. Mittel, diese Schwere zu messen 48. Ihre Wirkung auf den Gang der Uhren 51. Auf den Sekundenpendel 51. Messung derselben durch Pendel 53. Schwere wirkt auf alle Körper gleich 336. Allgemeine Schwere, Geschichte der Entdeckung derselben 529. Kraft der Erde in größeren Entfernungen 537. Wirkung der Erde auf ruhende und bewegte Körper 538. Einfache Ableitung des Gesetzes der allgemeinen Schwere 548. Nähere Bestimmung dieses Gesetzes 552.
Sekundenpendel, siehe Pendel.
Sextant Hadley's 738. Beobachtungen damit 739. Rectification 740.
Siderische Revolution 137.
Sinus 22.
Solstitialpunkte oder Wendepunkte 16, 63.
Sommersolstitien 16.
Sonne. Jährliche scheinbare Bewegung derselben 58. Woran sie erkannt wird 59. Ort der Sonne am Himmel, für jeden Tag des Jahres 78. Ihr angemessenster Ort im Weltraume 82. Größe derselben 82, 252. Distanz derselben von den Planeten 158. Reflex ihrer Strahlen durch die Atmosphäre 230. Ihre Masse 251. Dichte 252. Fall der Körper auf ihre Oberfläche 253. Physische Beschaffenheit 254. Satelliten der Sonne 304. Ist ihre Oberfläche ein Feuer? 270. Temperatur ihrer Oberfläche 272. Erhaltung derselben 273. Abnahme des Sonnendurchmessers 273. Dreifache Bewegung der Sonne 282.
Sonnenferne, siehe Aphelium.
Sonnenflecken. Beschreibung derselben 274. Was sie seyn mögen 275. Größe derselben 275. Hypothese über sie 276. Geschichte ihrer Entdeckung 277. Mittel die Rotation der Sonne zu finden 279. Ihre gekrümmten Bahnen 280. Einfluß auf die Witterung 281.
Sonnennähe, siehe Perihelium.
Sonnenparallaxe. Wie sie bestimmt wird 305 u. ff. Frühere Versuche, sie zu bestimmen 307. Bestimmung derselben durch den Mond 587.

Digitized by Google

Sonnenspectrum, Eigenschaften des, 256. Verschiedene Intensität desselben 256. Chemische Wirkungen 257. Magnetische Wirkungen 257.
Sonntag, wahrer, 19.
Sonnenuhren 703. Stellung des Stifts 704. Horizontale Uhr 704. Sonnenuhr für jede gegebene Fläche 707.
Sonnenzeit, wahre 14.
Spiralfeder, Gebrauch derselben zur Messung der Schwere 50.
Sternbilder, verschiedene Namen derselben 303.
Sternkataloge 75.
Sterngruppen, leicht sichtbare 459.
Sternhaufen und Nebel des Himmels. Eintheilung dieser Gegenstände 488. Verzeichnisse dieser Himmelskörper 488. Vertheilung derselben am Himmel 489. Leicht sichtbare Sterngruppen 489. Telescopische Gruppen 490. Größe und Entfernung der telescopischen Gruppen 490. Natur derselben 491. Verzeichniß der vorzüglichsten Sterngruppen 491. Nebelmassen 493. Weit verbreitete Nebel 494. Größere, regelmäßige Nebel 495. Nebel mit helleren Theilen 495. Nebel von regelmäßiger Gestalt 496. Doppelnebel 496. Planetarische Nebel 497. Sternnebel 498. Sterne mit Nebelstrahlen 499. Ringförmige Nebel 500. Die Gruppe im Haupthaar der Berenice 501. Zwitternebel 502. Nebel in der Andromeda 502. Nebel im Orion 503. Entstehung und Ausbildung der Sterngruppen und Nebel des Himmels 505.
Sterntag 19.
Sternzeit 19. Wie sie durch Rectascension und Stundenwinkel eines Sterns gegeben wird 19. Verwandlung derselben in mittlere Zeit 200. Gebrauch der Sternzeit 203.
Störungen, siehe Perturbationen.
Stoß, ursprünglicher, der Planeten, Größe und Richtung derselben 603, 619.
Strahlenbrechung, siehe Refraction.
Stundenkreis, siehe Declinationskreis.
Stundenwinkel 14.
Süd 13.
Synodische Revolution 136.
Tag, Länge desselben ist unveränderlich 619. Wirkung der Temperatur auf sie 625.
Tagbogen eines Gestirns 18.
Tangente 22.
Tangentialkraft 572.
Temperatur der verschiedenen Zonen der Erde 125. Mittlere Temperatur eines Orts 129.
Temperatur der Erde 625. Der Planeten 627.
Theilbarkeit der Körper 515.
Theodolit 727.
Trigonometrische Linien 22.
Tropische Revolution der Planeten 152.
Tycho's Planetensystem 163.
Uhren, astronomische, Gebrauch derselben 197, 663, 697.
Umlaufszeiten der Planeten, siehe Revolution.
Untergang der Gestirne 18.
Uranus, Entfernung und Revolution 351. Größe und Masse 352. Satelliten 353. Tags- und Jahreszeiten 353. Bewohner des Uranus 354. Uranus ist der äußerste der Planeten 361.
Ursprung des Weltsystems 629.
Variation 211.
Venus, scheinbare Bewegung 133. Namen und Zeichen, helles Licht 294. Entfernung und Revolution 297. Durchmesser 297. Phasen 297. Hellster Glanz 297. Flecken und Atmosphäre 299. Berge 300. Rotation 300. Tags- und Jahreszeiten 301. Anblick des Himmels von der Venus 302. Mond der Venus 302. Durchgänge der Venus vor der Sonnenscheibe 304.
Veränderliche Sterne 481 ff.
Vernier 741.
Verticalkreis 12, gleichbedeutend mit Höhenkreis.
Vesta 327.
Vorrücken der Nachtgleichen, siehe Präcession.
Wärme, ihr allgemeiner Einfluß 266. Auf Kunst und Wissenschaften 267. Auf das gemeine Leben 268. Verbindung der Wärme mit dem Lichte 270.

Digitized by Google

Wahre Zeit 197.
Wahrscheinlichkeits-Rechnung 320. Einfache Wahrscheinlichkeit 759. Zusammengesetzte Wahrscheinlichkeit 762. Anwendung dieser Berechnung auf öffentliche Versorgungs-Anstalten 763. Anwendung dieser Berechnung auf unsere Glücksspiele 765. Wahrscheinlichkeit, wenn die Anzahl der möglichen Fälle unbekannt ist 767. Der Begriff des Zufalls ist in unserer Unkenntniß der Dinge gegründet 768. Hinneigung aller Erscheinungen der Natur zu einer gewissen Ordnung 769. Trieb zur Vereinigung gleichgestimmter Wesen 770. Operationen unseres Gedächtnisses 771. Gewohnheiten 771. Instinkt der Menschen 772. Anwendung der Wahrscheinlichkeits-Rechnung auf Staatsverwaltung 775. Wahrscheinlichkeits-Rechnung bei Zeugen-Aussagen 778. Bei Wahlen 779. Bei Urtheilssprüchen 780. Anwendung der Wahrscheinlichkeits-Rechnung auf Astronomie 781. Bereits geleisteter Nutzen dieser neuen Rechnungsart in der Astronomie 786.
Weltaxe 13.
Weltpole 13.
Weltsystem, Ursprung desselben, 629. Besonders ausgezeichnete Eigenschaften desselben 634. Dauer des Weltsystems 640.
Wendekreise 16.
Wendepunkte, siehe Solstitialpunkte.
West 13.
Winde, beständige Ostwinde auf der Erde 54.
Winkel. Mit welcher Genauigkeit man durch unsere neuern Instrumente die Winkel messen kann 95.
Wintersolstitien 16.
Zeit, Bestimmung der, 194. Sternzeit 195. Mittlere und wahre Sonnenzeit 196.
Zeitbestimmung durch Beobachtung. Bei den Alten 661. Bei den Neuen 663. Durch das Mittagsrohr 695. Durch ein einfaches Fernrohr 696. Auch ohne Fernrohr 700. Durch Sonnenuhren 703.
Zeichen der Planeten 295.
Zeichen des Thierkreises 80. Ihre Verrückung durch die Präcession 232. Erfindung dieser Zeichen 236. Ursprung ihrer Benennung 296.
Zeitgleichung 195, 197, 199.
Zenith 12.
Zenithdistanz 12.
Zodiacallicht 606.
Zonen, heiße, kalte und gemäßigte 125.

Berichtigungen.

Seite 19, Zeile 1 von unten: statt VQ lies VQ'.
„ 21 „ 17 von oben: „ QS' „ Q'S'.
„ — „ 19 „ „ „ mit dem lies mit einem.
„ — „ 9 von unten: „ NQH lies NQR.
„ 168 „ 19 von oben: nach Geschwindigkeiten ist hinzufügen: in verkehrter Ordnung.

Digitized by Google

Im Laufe des Jahres 1837 beginnt der Druck eines neuen Lehrbuchs der **Erdkunde als Anschauungs-Wissenschaft**, unter dem Titel:

Geographische Vorschule sammt Atlas,

zur

Erleichterung und angenehmen, gründlichen und schnellen Auffassung des Unterrichtes,

nach dem Systeme der vergleichenden Geographie entworfen, gezeichnet und bearbeitet

von

E. Grosmüller.

Eingeführt durch die Professoren **Heinrich Berghaus, K. F. V. Hoffmann, J. J. v. Littrow.**

Ueberblick des Ideenganges.

Erste Abtheilung:

1. Weltgebäude. 2. Planetensystem. 3. Der Mond. 4. Die Erde. 5. Erdoberfläche. 6. Reliefbild. 7. Höhenkarte. 8. Gebirgszüge. 9. Hauptströme. 10. Ströme. 11. Seen. 12. Alpenseen. 13. Meerengen. 14. Landengen. 15. Charakterlandschaft. 16. Panoramen. 17. Topographie. 18. Terrainlehre. 19. Maaßvergleichung. 20. Städtevergleichung A. 21. Städtevergleichung B. 22. Großbauten. 23. Pflanzengeographie. 24. Quadrupeden. 25. Der Mensch. 26. Völkerleben. 27. Das Schiff. 28. Das Meer.

Zweite Abtheilung:

29. Erdkarte. 30. Europa A. 31. Europa B. 32. Asia. 33. Afrika. 34. Nordamerika. 35. Südamerika. 36. Australia. 37. Deutschland A. 38. Deutschland B. 39. 40. 41. Bayern, Würtemberg, Baden. 42. Mitteldeutschland. 43. Preußen. 44. Oestreich und Schweiz. 45. Alpengebirge. 46. Spanien, Frankreich, Italien, Britannien. 47. Schweden, Dänemark. 48. Rußland. 49. West- und Ostindien. 50. Mare mediterraneum. 51. Graecia antiqua. 52. Aegyptus et Palaestina.

Die erste Lieferung (5 Blatt in gr. Fol. mit dazu gehörendem Text) erscheint Anfangs 1837. — Stich, Papier und Druck werden ausgezeichnet seyn. Die Empfehlung der Herren Berghaus, Hoffmann und v. Littrow verbietet der Verlagshandlung jede weitere Anpreisung. Der Preis jeder Lieferung ist 1 fl. 30 kr. — 18 gGr.

Stuttgart, im October 1836.

Hoffmann'sche Verlags-Buchhandlung.

Digitized by Google

In demselben Verlage erschien so eben:

Hausbuch für Mütter.

Diätetik

für

Frauenzimmer und Kinder im gesunden und kranken Zustande,

nebst Anleitung,

die eigenthümlichen Krankheiten derselben zu erkennen,

und

Anweisung zu zweckmäßiger Krankenpflege und erster Hülfe bei den Vergiftungen und dem Scheintode.

Von

Karl Pehr,

Doctor der Medicin, praktischem Arzte in Bernburg, mehrer gelehrten Gesellschaften Mitgliede ꝛc. ꝛc.

Preis, elegant in Leinwand gebunden, 2 fl. 42 kr. — 1 Thlr. 12 Gr.

Der rühmlichst bekannte Verfasser bietet in diesem Werke, welches, fern von aller Charlatanerie, in einer gebildeten und zu Herzen dringenden Sprache seine Lehren und Warnungen mittheilt, sorglichen Frauen einen auf lange ärztliche Erfahrung gegründeten Leitfaden zu Vermeidung und Behandlung aller Frauen- und Kinder-Krankheiten. Tüchtige Aerzte prüften das Buch und fanden es ihrer wärmsten Empfehlung um so mehr würdig, als sie erkannten, daß es, ganz im Gegensatze zu den gewöhnlichen populären Schriften dieses Faches, besonders für gebildete Mütter sich eigne, und diesen gewiß ein wahrer Schatz, ein sicherer Rathgeber in allen Krankheitsfällen seyn würde. Dieß ist der Zweck des Herrn Verfassers und der Verlagshandlung; möge er erkannt und durch freundliche Theilnahme realisirt werden! Ein zweckmäßigeres Geschenk für junge Frauen dürfte in der deutschen Literatur schwerlich zu finden seyn; das Aeußere des Buches ist höchst elegant.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

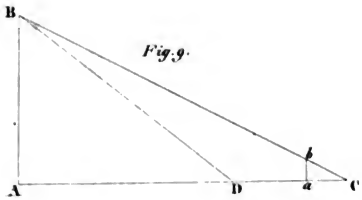


Fig. 9.

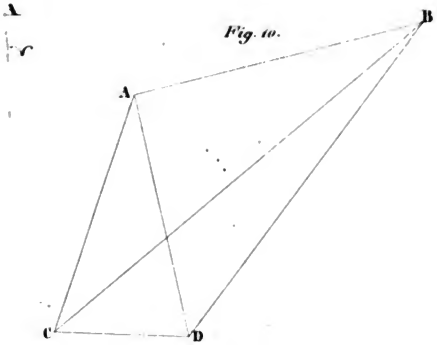


Fig. 10.

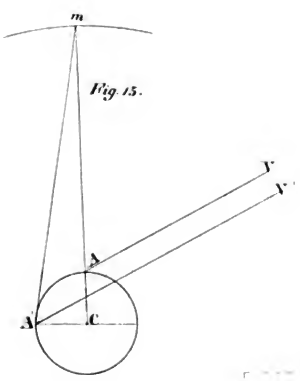


Fig. 15.

Fig. 14.

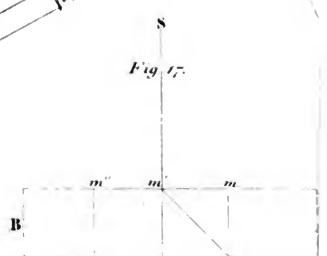


Fig. 17.

Digitized by Google

Digitized by Google

1.

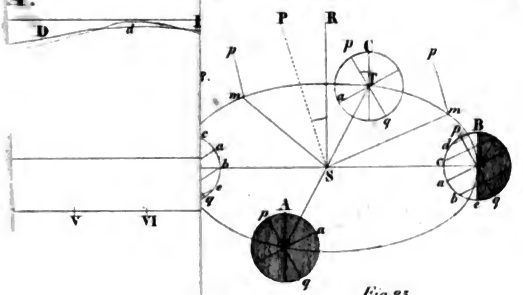


Fig 23.

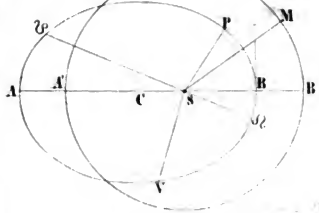
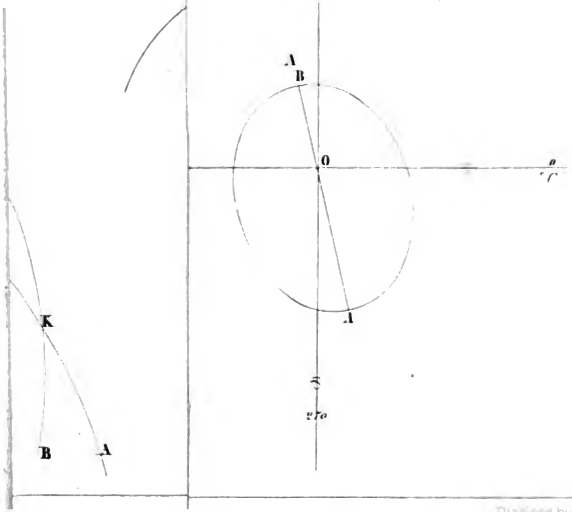


Fig 24



Digitized by Google

Digitized by Google

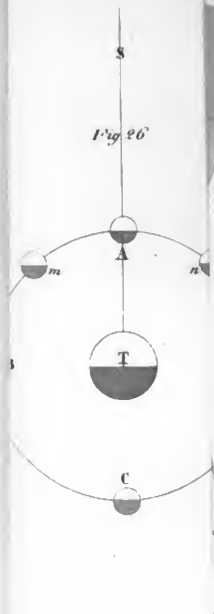


Fig. 26.

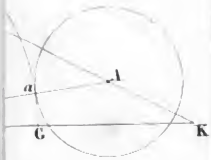
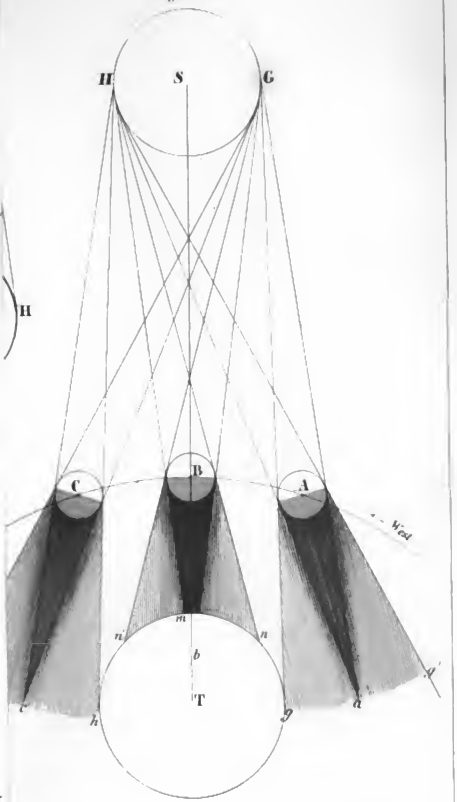


Fig. 30.



Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 35

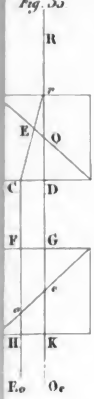


Fig. 36

Fig. 38

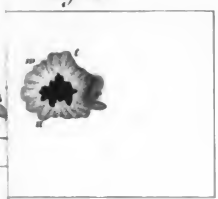
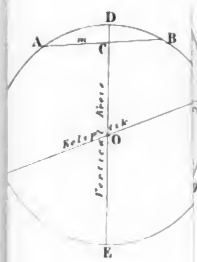


Fig.

Fig. 42

Fig. 41



Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 45.

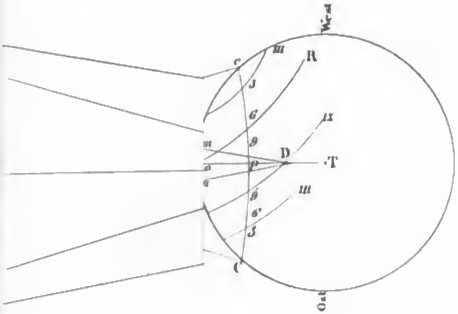


Fig. 46.

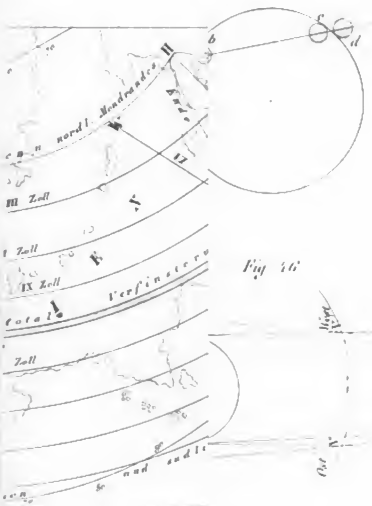
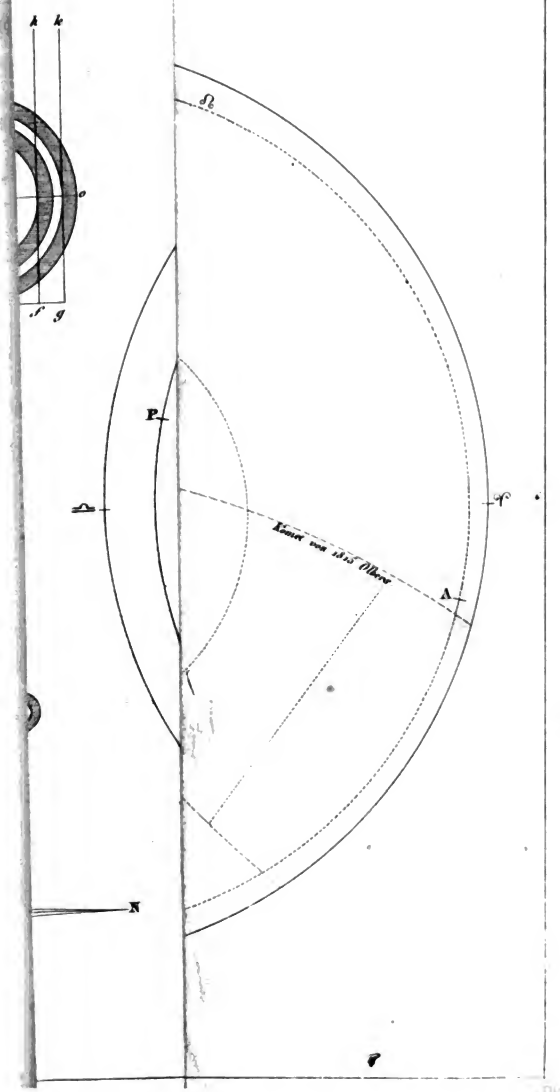


Fig. 47.

Digitized by Google

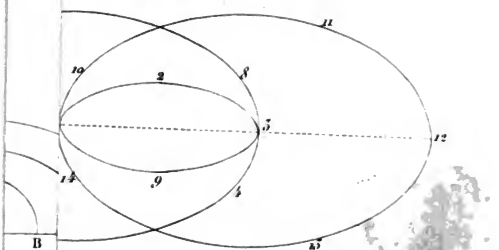


Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 58.

Fig. 63



Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 64.

Digitized by Google

Digitized by Google

MONDK *Taf X*

1. *Blancanus*
2. *Scheiner*
3. *Phocylides*
4. *Clavius*
5. *Longomontan*
6. *Wilhelm v. Hessen*
7. *Orontius*
8. *Hevsius*
9. *Hell*
10. *Pitatus*
11. *Sinus epidemiar*
12. *Mersenne*
13. *Thebit*
- A. *Apetraqus*
- B. *Guerike*
- C. *Oceanus procellarus*
- D *Riccioli*
- E. *Landsberg*

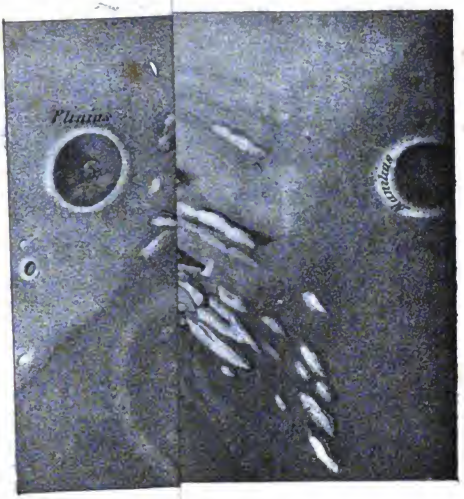
- F. *Rheticus*
- G *Sinus æstuum*
- H. *Cavaleri*
- J. *Stadius*
- K. *Dominicus*
1. *Marius*
2. *Seleucus*
3. *Pytheas*
4. *Timocharis*
5. *Heraclides verus*
6. *Sinus roris*
7. *Heraclides falsus*
8. *Harpalus*
9. *Pythagoras*
10. *Mare frigoris*

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 68

Digitized by Google



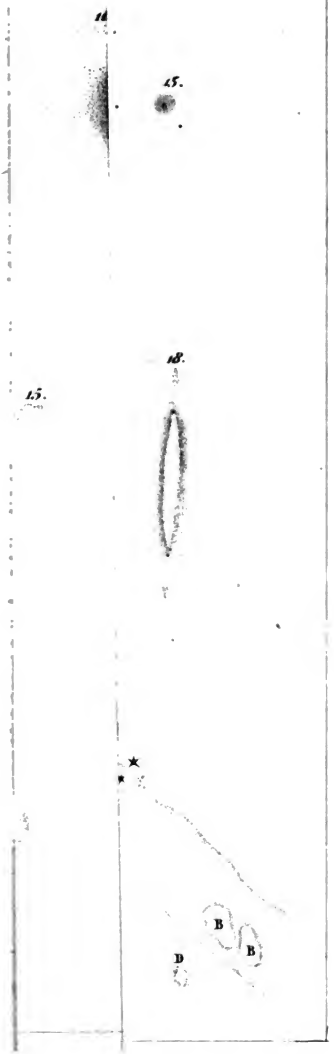
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

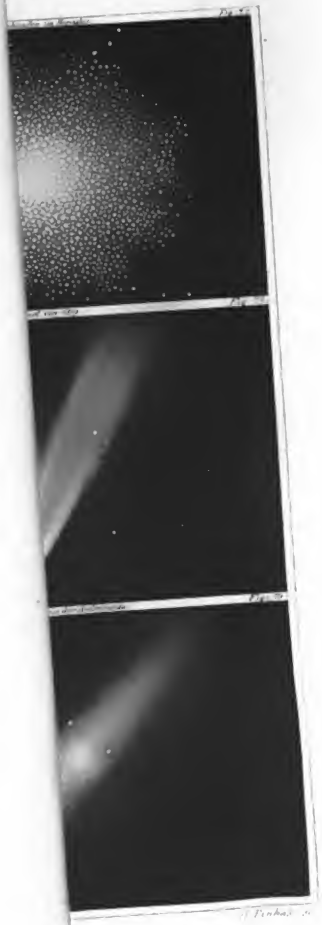
Digitized by Google

Fig. 7



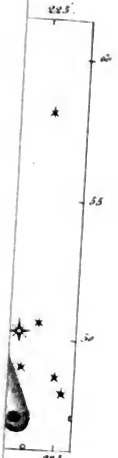
Digitized by Google

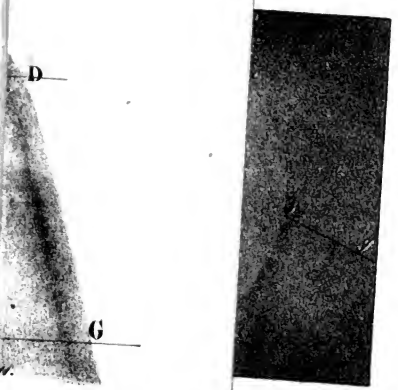
Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google



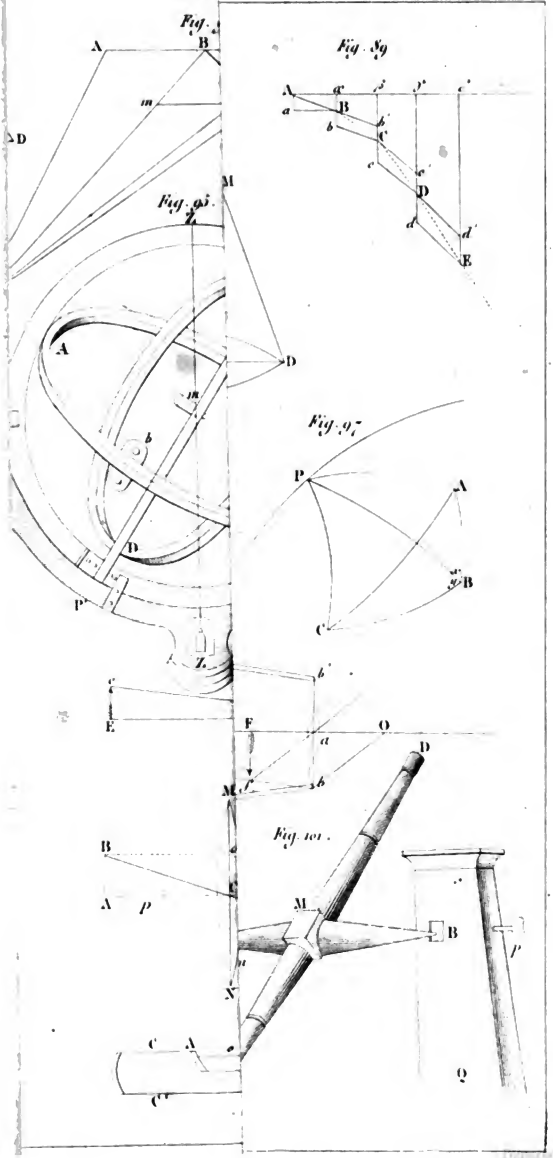


Digitized by Google

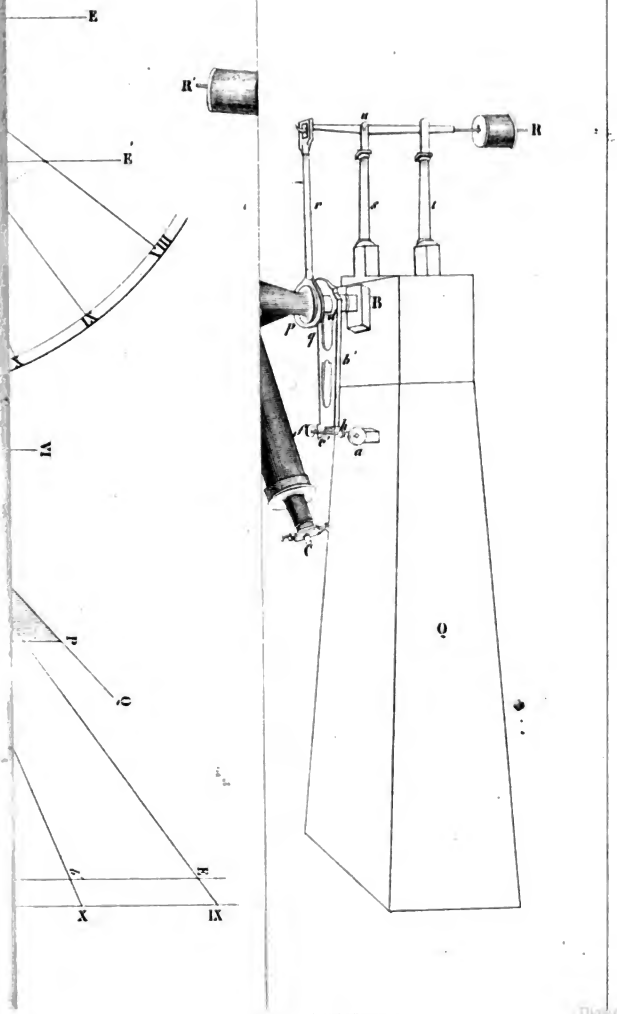
Digitized by Google

Digitized by Google

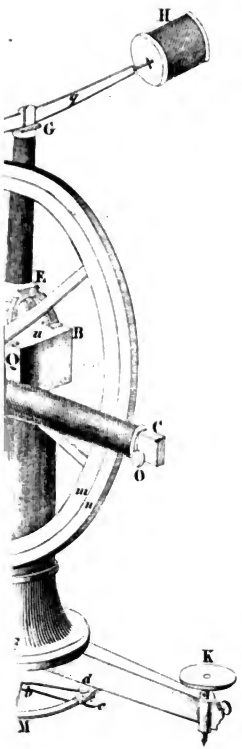
Digitized by Google



Digitized by Google

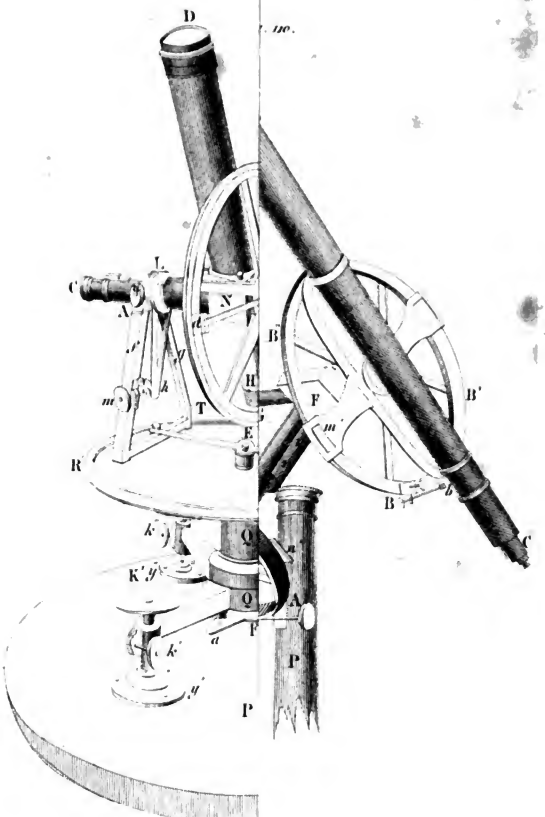


Digitized by Google


H
G
F
B
C
O
K
M

Digitized by Google

Fig. 109.



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 113.

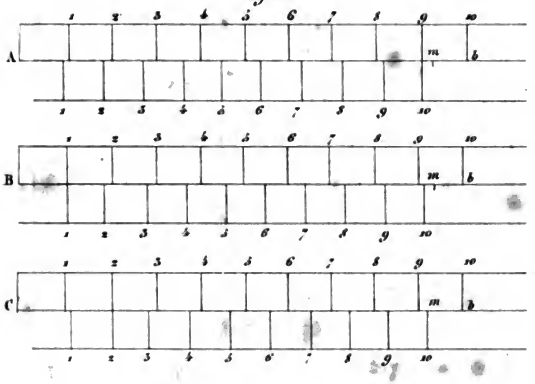


Fig. 1

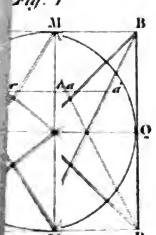
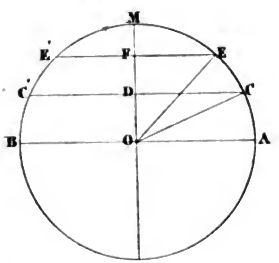


Fig. 117.

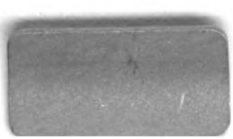


Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google